



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS - CETEC
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR AUTOMOTIVO EM
REALIDADE VIRTUAL PARA A MODALIDADE BAJA**

Maryhana Laizza Gasparotto Kuhn

Lajeado, dezembro de 2019

Maryhana Laizza Gasparotto Kuhn

DESENVOLVIMENTO DE UM SIMULADOR AUTOMOTIVO EM REALIDADE VIRTUAL PARA MODALIDADE BAJA

Monografia desenvolvida na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, da Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Me. Fabrício Pretto

Lajeado, dezembro de 2019

*Dedico este trabalho aos
meus pais, Maria Regina e Lair,
meus exemplos de sabedoria e força.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente aos meus pais, Maria Regina e Lair, que sempre me incentivaram a estudar e nunca mediram esforços para a realização dos meus sonhos.

Às minhas irmãs, Joana e Thauhana, por estarem ao meu lado e por serem as melhores irmãs que eu poderia ter.

Ao meu namorado, Gian, pelo apoio incondicional e principalmente por não me deixar desanimar em momento algum.

Ao meu orientador, Prof. Me. Fabrício Pretto, por todo o apoio e conhecimento compartilhado durante o trabalho.

RESUMO

A Realidade Virtual é a construção de um ambiente 3D gerado por computador que permite representar ou não o mundo real. Nesse ambiente os usuários sentem-se imersos, sendo possível a interação com os elementos virtuais. Por sua vez, a simulação é um processo de produzir um modelo do mundo real e conduzir experimentos com a finalidade de entender o comportamento do sistema e suas estratégias para operação. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um simulador automotivo, utilizando as técnicas de Realidade Virtual, que simule a sensação de dirigir um veículo. Mais especificamente, o objeto de estudo foi aplicar este simulador para a modalidade Baja, onde estudantes participam de competições, e uma ambientação prévia, mesmo que simulada, pode ser muito eficaz para sua preparação. Este trabalho é um estudo experimental que tem como finalidade descrever o desenvolvimento de uma aplicação imersiva em Realidade Virtual para dispositivos móveis por meio de uma simulação de cenário *off-road*. Como resultado do experimento, após as validações, o protótipo se mostra aceitável e promissor para utilização no treinamento de pilotos para a competição Baja.

Palavras-chave: Simulador, Realidade Virtual, Baja, *off-road*.

ABSTRACT

Virtual Reality is a construction of a 3D environment, generated by computer, that can represent, or not, the real world. In this environment, the users feel immersed, making possible an interaction with the virtual elements. In turn, the simulation is a process to produce a model of the real world and conduct experiments with a goal to understand the behavior of the system and its operating strategies. The objective of this work was to develop an automatic simulator, using the techniques of Virtual Reality, that simulates the sensation of driving a vehicle. Specifically, the object of study was to apply this simulator to the Baja modality, where students participate in competitions and a previous environment, the same as the simulated one, can be efficient for their preparation. This work is an experimental study that aims to describe the development of an immersive application in Virtual Reality to mobile devices through a simulation of an off-road scenario. As a result of the experiment, after the validations, the prototype proves acceptable and promising to use in the training of pilots for a Baja competition.

Key words: Simulator, Virtual Reality, Baja, off-road.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem em Realidade Virtual vista do monitor do computador	16
Figura 2 - Navegação com 6 graus de liberdade.....	17
Figura 3 – Realidade Virtual não imersiva com monitor	19
Figura 4 - Realidade Virtual imersiva com capacete HMD	19
Figura 5 - Realidade Aumentada com vaso de flores e carro virtuais	20
Figura 6 - Esquema de sistema de Realidade Virtual	21
Figura 7 - Esquema de um vídeo capacete.....	23
Figura 8 - Sistema de display estereoscópico BOOM.....	24
Figura 9 - Exemplo de um óculos shutter glasses.....	25
Figura 10 - Comparação entre som 3D Virtual e som Estéreo	26
Figura 11 - Luva associada a atuadores	28
Figura 12 - Elementos de uma luva de dados.....	29
Figura 13 - Esquema de uma bola isométrica	30
Figura 14 - Percepção do motorista	38
Figura 15 - Carro off-road.....	39
Figura 16 - Funcionamento do simulador com dispositivos de entrada e saída, ambiente real e virtual.	42
Figura 17 - Múltiplas telas projetadas na face de um cubo.	43
Figura 18 - Demonstração de quatro vistas, frontal, direita, esquerda e inferior.	43
Figura 19 - Desenvolvimento do simulador com elementos físicos.....	46
Figura 20 - Simulador com a apresentação da vida marinha	47
Figura 21 - Volante em cima da mesa, ao lado óculos VRBox e pedais embaixo da mesa	50
Figura 22 - Óculos de Realidade Virtual.....	53
Figura 23 - Cabo USB OTG	55
Figura 24 - Conexão entre celular, cabo OTG e volante	56
Figura 25 - Em amarelo o botão do volante pressionado.....	57
Figura 26 - Em amarelo o botão do volante pressionado.....	58
Figura 27 - Assets utilizados para o desenvolvimento do simulador	60
Figura 28 - Mapa da pista.....	61

Figura 29 - Cronômetro decrescente em 3, cronômetro crescente em 00:00 e número de voltas em 1/3	62
Figura 30 - Início da simulação	62
Figura 31 - Script do cronômetro decrescente	63
Figura 32 - Ponto acidentado da pista, lama	64
Figura 33 - Usuário utilizando o óculos VRBox, volante e pedais	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Experiência com jogos de Realidade Virtual	70
Gráfico 2 - Classificação do nível de imersão	71
Gráfico 3 - Nível de conforto durante o jogo.....	72
Gráfico 4 - Nota geral sobre a experiência	73
Gráfico 5 - Idade dos estudantes	74
Gráfico 6 - Pergunta referente ao tempo de resposta de acordo com os movimentos	75
Gráfico 7 - Resposta dos estudantes referente pergunta específica ao público técnico	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Prioridade dos requisitos	66
Quadro 2 - Requisitos funcionais	66
Quadro 3 - Requisitos não funcionais	67
Quadro 4 - Comentários feitos pelo público técnico	77

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2DOF	2 Degrees of Freedom
3D	Tridimensional
6DOF	6 Degrees of Freedom
BOOM	Binocular Omni-Oriented Monitor
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
EUA	Estados Unidos da América
HCD	Head-Coupled Display
HMD	Head-Mounted Display
OTG	On the Go
RA	Realidade Aumentada
RAM	Random Access Memory
RV	Realidade Virtual
SAE	Society of Automobile Engineer
USB	Universal Serial Bus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Estrutura do trabalho	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Realidade Virtual	15
2.1.1 Definição de Realidade Virtual	16
2.1.2 Classificação de Realidade Virtual	18
2.2 Realidade aumentada.....	20
2.3 Dispositivos de Realidade Virtual.....	21
2.3.1 Dispositivos de saída de dados	22
2.3.1.1 Dispositivos visuais	22
2.3.1.1.1 HMD e BOOM	22
2.3.1.1.2 Monitores e sistemas de projeção	24
2.3.1.2 Dispositivos hápticos	27
2.3.1.3 Dispositivos de interação	28
2.3.1.3.1 Dataglove	29
2.3.1.3.2 Dispositivos com graus de liberdade	30
2.4 Aplicações da Realidade Virtual	31
2.4.1 Realidade virtual na educação	31
2.4.2 Realidade Virtual na medicina.....	32
2.4.3 Realidade Virtual na psicoterapia	33
2.5 Simuladores.....	34
2.5.1 Simulador por Realidade Virtual	37
2.6 Baja.....	38
3 TRABALHOS RELACIONADOS.....	41

4 METODOLOGIA	48
4.1 Tipo de pesquisa	48
4.2 Quanto aos objetivos	48
4.3 Quanto a natureza da abordagem.....	49
4.4 Quanto aos procedimentos técnicos.....	50
4.5 Unidade de análise	50
4.6 Amostra.....	51
4.7 Coleta de dados.....	52
4.8 Ferramentas	52
4.8.1 Unity 3D.....	52
4.8.1.1 Unity <i>Asset Store</i>	53
4.8.2 Vr Box.....	53
4.8.3 Volante X360/PC Driving Wheel	54
4.8.4 Cabo USB OTG	55
4.8.5 Visual Studio IDE.....	56
4.8.6 JoyToKey	57
5 DESENVOLVIMENTO	59
5.1 Software	59
5.2 Levantamento de Requisitos.....	65
5.2.1 Requisitos funcionais	66
5.2.2 Requisitos não funcionais.....	67
6 ANÁLISES E RESULTADOS	68
6.1 Testes com usuários não técnicos	68
6.1.1 Resultados	69
6.2 Testes com usuários técnicos	73
6.2.1 Resultados	74
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS.....	81
APÊNDICE A - Questionário aos estudantes não técnicos	84
APÊNDICE B – Questionário aos estudantes técnicos.....	86

1 INTRODUÇÃO

Antes do surgimento e da evolução computacional que conhecemos hoje, o comportamento interacional das pessoas ocorria por meio de relações naturais, respostas naturais do corpo que surgiam devido a valores intrínsecos formados ao longo do tempo. Raras eram as situações onde as pessoas se encontravam em frente a necessidade de se relacionar com botões ou objetos criados pelo homem.

O relacionamento entre homem e máquina para chegarmos às definições de Realidade Virtual e Aumentada foi construído com o passar do tempo, ao longo da evolução tecnológica, pois desde o início as pesquisas sempre objetivaram adaptar as máquinas às pessoas e não o contrário.

Contudo no início, quando a interface real começou a ceder um pouco de espaço para a interface virtual, as pessoas tiveram de se adaptar aos símbolos e aos elementos necessários para esse novo tipo de relação. Muitas vezes se fazia necessário treinamento para utilização das novas ferramentas. Foi então que a simulação se tornou uma importante aliada, pois segundo Shannon (1998), o uso de uma ferramenta de permitisse simular um processo antes de colocá-lo definitivamente em ação diminuiria a probabilidade de erros.

Por estes ganhos, é que se percebe um crescente avanço das inovações tecnológicas nas mais variadas áreas da nossa sociedade. Estas inovações proporcionam um uso maior de recursos e aumentam as possibilidades para que as pessoas interajam e realizem mais do que em tempos passados, além de diminuir a curva de aprendizagem para uso destas novas abordagens.

É crescente o número de ferramentas de simulação desenvolvidas pelas técnicas de Realidade Virtual voltadas para as mais diversas áreas de estudo. Na área da educação, por exemplo, objetos de estudo vêm sendo desenvolvidos para que os estudantes consigam memorizar e aprender conteúdos que até então eram ensinados da maneira tradicional, tornando-o mais atrativo e aumentando as taxas de aprendizado efetivo.

Pensando nesse cenário de Realidade Virtual (RV), sendo uma tecnologia que está em franco crescimento e aplicabilidade, optou-se por desenvolver um simulador automotivo *off-road* em Realidade Virtual para a modalidade Baja, onde estudantes participam de competições *off-road*. Esta aplicação foi testada e avaliada por integrantes do Projeto Baja e público em geral.

1.1 Objetivos

Os objetivos são divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um simulador automotivo utilizando as técnicas de Realidade Virtual, que simule a sensação de dirigir um veículo em ambientes *off-road*.

1.1.2 Objetivos Específicos

São designados como objetivos específicos:

- Identificar e compreender as principais características da tecnologia de Realidade Virtual e suas funcionalidades;
- Desenvolver um simulador automotivo para dispositivos móveis utilizando as técnicas de Realidade Virtual aplicada na modalidade Baja;

- Testar e validar o funcionamento da aplicação com integrantes do Projeto Baja e público em geral.

1.2 Justificativa

Este trabalho justifica-se ao explorar juntamente com os integrantes do Projeto Baja como ocorrem as competições, visando assim uma probabilidade de melhor desempenho através do uso de ferramentas de Realidade Virtual. Sabe-se que o novo espanta, causa medo e a simulação por computador possibilita aos integrantes ambientar-se com o que encontrarão em uma corrida em um cenário realista, preparando-os para que possam ter um melhor desempenho em ambiente real.

Para o acadêmico o trabalho agregou o conhecimento em Realidade Virtual, desde seu histórico, sua evolução e a percepção de que há muito a ser melhorado e desenvolvido neste campo de estudo. Acrescentou também em conhecimento sobre a ferramenta Unity 3D para dispositivos móveis, bastante difundida e utilizada atualmente, assim como, conhecimento sobre simuladores voltados para Realidade Virtual e ambientes de treinamento Baja.

O estudo também poderá ser relevante para a comunidade acadêmica, podendo ser utilizado como ferramenta de simulação para futuros participantes do Projeto Baja. Sendo assim, causando a curiosidade e instigando alunos a participarem do Projeto que a UNIVATES incentiva.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em sete capítulos.

No primeiro capítulo fundamenta-se uma apresentação introdutória ao contexto do uso de ferramentas de Realidade Virtual, integrando também os objetivos gerais, objetivos específicos e justificativa.

O segundo capítulo compreende a revisão de literatura que incide nos conceitos e referenciais que fundamentam a formulação de uma ferramenta de

Realidade Virtual, bem como suas aplicações apresentando informações sobre a forma de criação desta ferramenta e os futuros problemas e perspectivas gerados sobre esse trabalho.

O terceiro capítulo da pesquisa consiste em trabalhos relacionados, onde são apresentados alguns trabalhos envolvendo Realidade Virtual e Aumentada, principalmente de simuladores, objeto principal deste trabalho.

O quarto capítulo minucia a metodologia utilizada na elaboração deste estudo, apresentando o tipo de pesquisa quanto aos objetivos, quanto a natureza da abordagem e quanto aos procedimentos técnicos, desde as ferramentas utilizadas, unidade de análise, amostra e coleta de dados.

O quinto capítulo corresponde ao desenvolvimento, onde é apresentada a forma com que o protótipo foi desenvolvido, descrevendo como foram utilizados os equipamentos e softwares, assim como o funcionamento do mesmo.

O sexto capítulo apresenta as análises obtidas com o experimento, mostrando os resultados que foram obtidos após a avaliação dos usuários.

No sétimo capítulo constam as considerações finais referente ao assunto abordado nesta pesquisa, os testes que foram realizados, os resultados obtidos e as melhorias que podem ser feitas.

Após os capítulos, são apresentadas as referências bibliográficas consultadas para a fundamentação teórica do estudo, e ao final são apresentados os apêndices deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Entre 1940 e 1950, chaves e lâmpadas comunicando com um computador foram consideradas as primeiras interfaces computacionais, que apenas após a evolução de dispositivos de vídeo chegaram a microcomputadores entre as décadas de 1970 e 1980. O computador pessoal se enquadra no conceito de interface desenvolvida entre mundo real e virtual, porém ele restringe a interação homem-máquina em um ambiente bidimensional e com símbolos criados especificamente para esta interface, sem significado natural para o ser humano (TORI, KIRNER e SISCOOTTO, 2006).

Segundo Tori, Kirner e Siscoutto (2006), surgida por volta de 1960, mas ganhando corpo em 1990, a Realidade Virtual transpassou a barreira entre o ambiente virtual separado do ambiente real através de uma interface. Mouses, capacetes, luvas e equipamentos especiais contribuíram para tornar realidade a inserção do usuário no ambiente da aplicação.

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos sobre Realidade Virtual, Realidade Aumentada, suas aplicações, considerações e utilidades.

2.1 Realidade Virtual

Nesta seção será mostrada a diferença entre Realidade Virtual e Realidade Aumentada, dispositivos de entrada e saída de dados, bem como a aplicação da Realidade Virtual na educação, medicina e psicoterapia.

2.1.1 Definição de Realidade Virtual

Segundo Netto, Machado e Oliveira (2002?), umas das tecnologias disponíveis, e mais avançadas de interação com o usuário é a Realidade Virtual. A designação de Realidade Virtual é ampla, e por essa razão desenvolvedores de sistemas, estudantes e pesquisadores aprofundam-se em suas experimentações para poder defini-lo e produzir diferentes definições na ciência.

Para Kirner e Siscoutto (2007), a Realidade Virtual é toda construída em um ambiente computacional, conforme ilustra a Figura 1. Os ambientes são virtuais, porém apresentam traços realísticos e com elementos que geram uma associação imediata ao ambiente externo, tais como objetos presentes no mundo real. A interação do usuário em tempo real, verificando sua movimentação e a resposta do ambiente, gerada pelo computador, aos seus estímulos é o que fortalece a ligação do usuário com esse tipo de tecnologia.

Figura 1 - Imagem em Realidade Virtual vista do monitor do computador



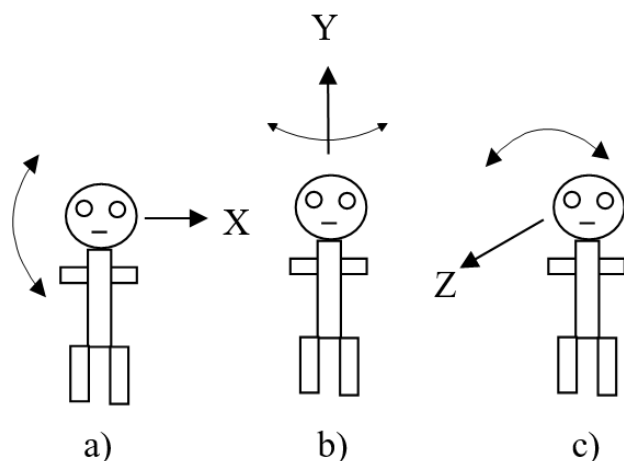
Fonte: Kirner e Siscoutto (2007, p. 07).

Por se tratar de uma simulação de um ambiente real, a tecnologia de Realidade Virtual permite a manipulação e interação com representações complexas da realidade, além da sua visualização. É uma situação na qual usa-se dispositivos, por exemplo, um computador, para sentir-se em um ambiente de simulação, ou seja, ambiente não real (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002).

Tori, Kirner e Siscoutto (2006), afirmam que a Realidade Virtual é uma interface avançada do usuário onde é possível a visualização, movimentação em ambientes tridimensionais e interação com esse ambiente de forma real a partir de comandos executados no computador. Esse ambiente pode conter características para torná-lo ainda mais real, sendo possível utilizar o tato, audição, olfato e paladar.

Quanto à sua aplicação, a Realidade Virtual possibilita que o usuário navegue e enxergue um mundo tridimensional, em movimento real possuindo seis graus de liberdade. Na Figura 2 verificamos que isso requer a possibilidade do software de estabelecer, e a possibilidade de o hardware identificar, seis tipos de movimentação: para frente/para trás, acima/abaixo, esquerda/direita, rotação para cima/para baixo, angulação à esquerda/à direita e giro à esquerda/à direita (SCHWEBER, 1995).

Figura 2 - Navegação com 6 graus de liberdade



- a) olhar p/ cima e p/ baixo
- b) olhar p/ os lados direito e esquerdo
- c) inclinar a cabeça p/ os lados

Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 09).

De acordo com Schweber (1995), a Realidade Virtual pode ser considerada um reflexo da realidade física, onde o sujeito está em três dimensões e tem a percepção de estar imerso no ambiente, tendo a possibilidade de interagir com o mundo a sua volta. Os dispositivos de Realidade Virtual representam essas situações, chegando ao nível em que é possível o usuário tocar virtualmente os objetos existentes em um

mundo virtual e fazer com que eles reajam, ou se transformem, de acordo com suas intervenções.

A Realidade Virtual é um ambiente construído através do computador, absorvendo vários elementos característicos do mundo real, possibilitado ao usuário a sua interação através de ações e análise das reações do ambiente a estes estímulos. As reações devem ser reais, para que não se perca a ligação entre a realidade inserida em um ambiente virtual, assim como a resposta dos estímulos deve ser dada em cerca de 100 milissegundos, visto que um tempo maior que esse gera um desconforto e a percepção de que as cenas não ocorrem em tempo real (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

2.1.2 Classificação de Realidade Virtual

De acordo com Tori, Kirner e Siscoutto (2006), a Realidade Virtual é classificada em dois tipos, imersiva e não imersiva, sendo diferenciadas pela sensação de presença do usuário ao mundo real ou ao mundo virtual. A Realidade Virtual não imersiva é caracterizada quando o usuário não tem a sensação de estar totalmente em um mundo virtual e sim a sensação de estar através de uma janela, ou monitor, ou seja, preserva o senso de presença no mundo real.

A Realidade Virtual imersiva utiliza capacetes, cavernas ou outros dispositivos para o usuário ter a sensação de estar em um mundo virtual, ao invés do real e este mundo virtual ser mediado por algum recurso da aplicação que capta seus movimentos, comportamentos e a aplicação reage a esses impulsos. Este ambiente pode ser a representação de um ambiente real, ou a representação de um ambiente virtual 3D (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006). É possível identificar a diferença entre os dois tipos visualizando as Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Realidade Virtual não imersiva com monitor



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 08).

Figura 4 - Realidade Virtual imersiva com capacete HMD



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 08).

Apesar da percepção visual ser nosso sentido primário, os demais sentidos do ser humano podem ser usados para simular uma completa imersão, como por exemplo, o retorno auditivo, tato e força de reação (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002).

2.2 Realidade aumentada

Conforme Ribeiro e Zorzal, (2011) ao contrário da Realidade Virtual, que objetiva causar a sensação do usuário estar em um ambiente virtual, a Realidade Aumentada mantém o usuário em seu ambiente real e transporta o mundo virtual para o espaço do usuário através de um dispositivo tecnológico. Muitas vezes estes dispositivos tecnológicos são invisíveis ao usuário para deixá-lo livre em seu ambiente. Estes recursos podem ser, projeções, interações multimodais, rastreamento ótico, entre outros.

A realidade aumentada é vista por muitos pesquisadores como uma das tecnologias com maior potencial, pois ela agrega seus elementos ao ambiente real. A característica de resposta a estímulos em tempo real também é encontrada na RA. Ela também é criada em ambientes virtuais, mas devido à sua mistura e convergência com o ambiente real ela mantém o usuário na percepção de mundo real. O grande diferencial em relação à RV é que na RA o usuário está inserido no mundo real, conforme vemos na Figura 5, onde o vaso de flores e o carro são virtuais e o restante do cenário é real (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Figura 5 - Realidade Aumentada com vaso de flores e carro virtuais



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 25).

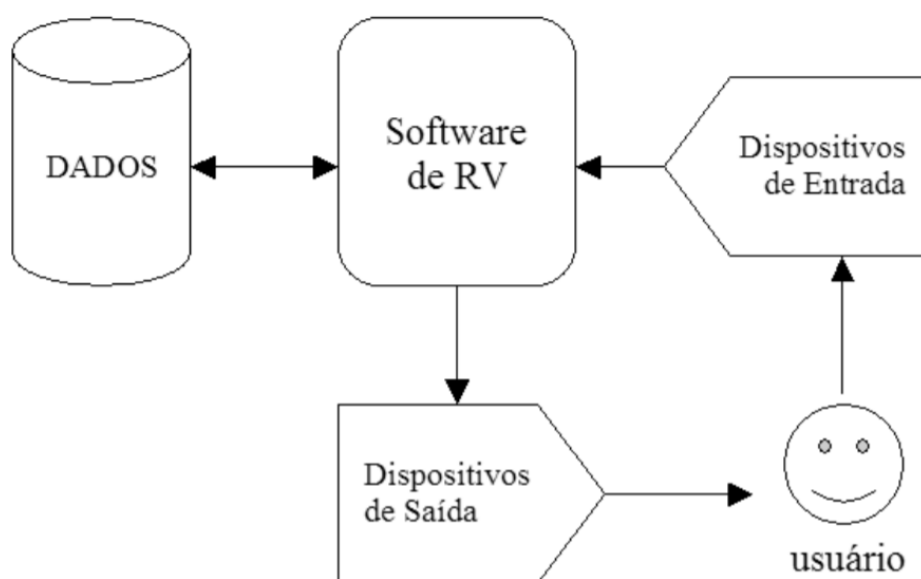
2.3 Dispositivos de Realidade Virtual

Segundo Rodrigues, Porto (2013), com o objetivo de garantir a imersão do usuário para que possa interagir com o ambiente virtual, os dispositivos de entrada e saída de dados associados a Realidade Virtual possibilitam estimular a maior quantidade dos sentidos e capturar os movimentos do usuário.

Conforme Jacobsen (1994), para oportunizar a sensação de imersão utilizam-se alguns dispositivos que são classificados em duas categorias: dispositivos de entrada e dispositivos de saída. Os dispositivos de entrada recebem movimentos e a ação de um usuário para interagir com o sistema de RV, que retorna o resultado do processamento dessa interação na forma de estímulos em ao menos um dos cinco sentidos do usuário, pelos dispositivos de saída. Estes dispositivos são essenciais para que o sistema de Realidade Virtual possa proporcionar um meio intuitivo de comunicação entre usuário e sistema.

A Figura 6 mostra um esquema com os elementos-chave de um sistema de Realidade Virtual, e pode ser notada a importância dos dispositivos de entrada e de saída dos dados.

Figura 6 - Esquema de sistema de Realidade Virtual



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 40).

2.3.1 Dispositivos de saída de dados

Grande parte das aplicações de Realidade Virtual são baseadas no sistema sensorial. Os principais usados são a visão e a audição.

2.3.1.1 Dispositivos visuais

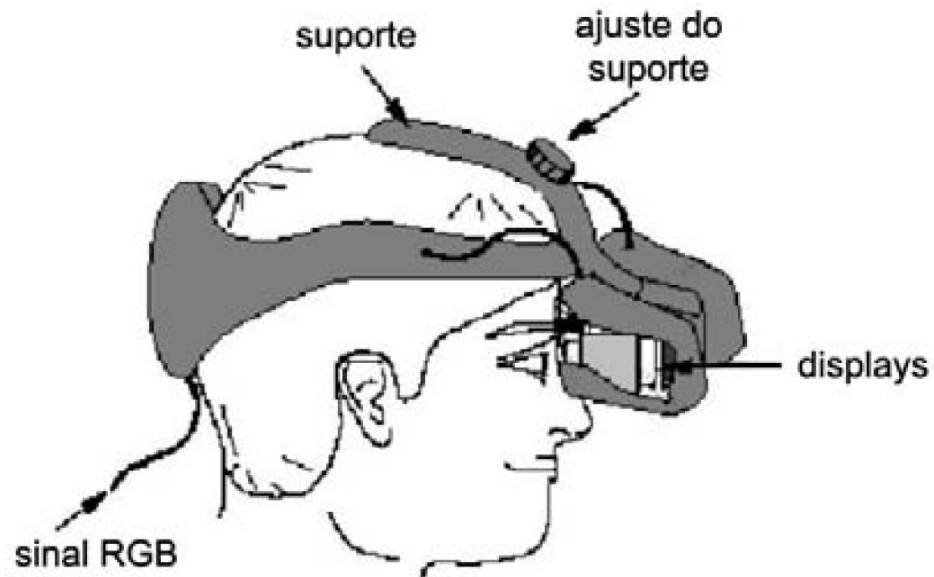
De acordo com Tori, Kirner e Siscoutto (2006), os dispositivos visuais e a forma de imagem formada por um sistema RV são condições fundamentais na obtenção e na determinação do grau de imersão do sistema, pois grande parte do cérebro é responsável pelo processamento e organização dos estímulos visuais. De acordo com o tipo de dispositivo a ser utilizado, pode-se ter sistemas de RV monoscópios ou estereoscópios. Em um sistema monoscópico uma única imagem é renderizada e exibida para os olhos, já no sistema estereoscópico cada olho observa uma imagem minuciosamente diferente, cada qual renderizada separadamente.

Outro fator importante refere-se ao número de quadros por segundo que podem ser exibidos, ou seja, a velocidade da simulação. Filmes projetados para a TV apresentam em torno de 30 quadros por segundo, já filmes projetados para o cinema apresentam cerca de 24 quadros por segundo. Em Realidade Virtual, busca-se uma taxa entre 15 e 22 quadros por segundo, podendo variar dependendo do tipo de interação utilizada no sistema (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

2.3.1.1.1 HMD e BOOM

Segundo Netto, Machado e Oliveira (2002?) o vídeo capacete *Head-Mounted Display* (HMD) é considerado um dos dispositivos de interface de RV mais conhecido, por ser o que mais consegue isolar o usuário do mundo real. Ele é constituído de duas pequenas telas de televisão e um par de lentes especiais. Estas lentes auxiliam no foco das imagens que estão há milímetros dos olhos do usuário, possibilitando ampliar o campo de visão do vídeo. A Figura 7 ilustra um esquema de HMD.

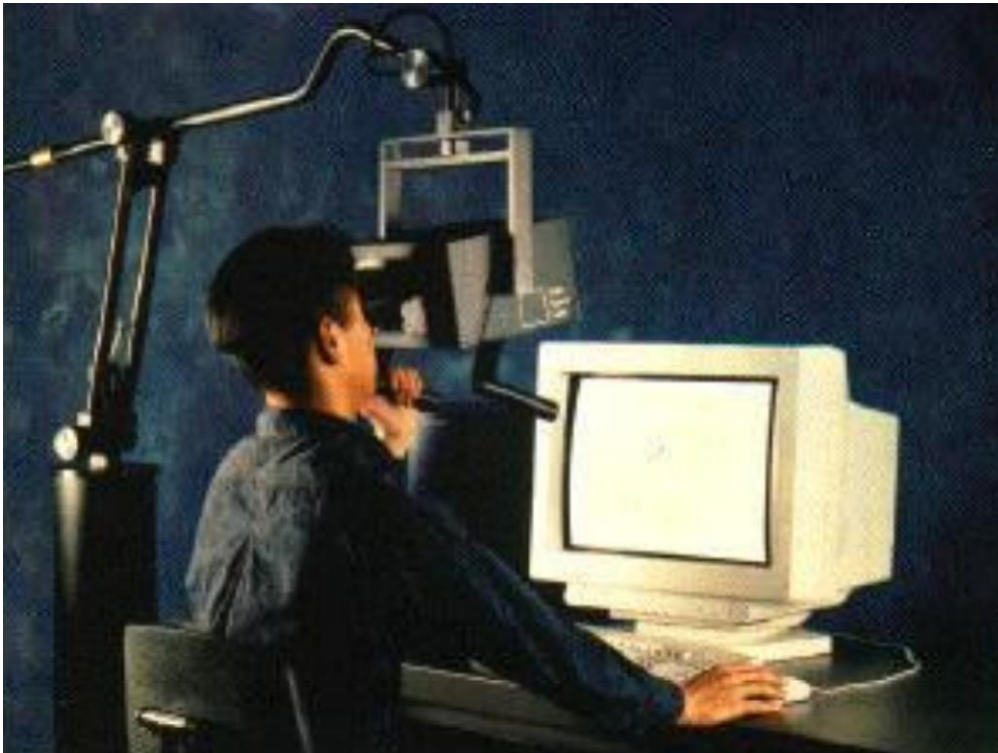
Figura 7 - Esquema de um vídeo capacete



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 45).

O *Head-Coupled Display*, HCD, conhecido como BOOM (*Binocular Omni-Oriented Monitor*), consiste em um display montado sobre um braço mecânico com um contrapeso, possuindo peso zero. Permite o movimento em até 6 graus de liberdade, pois há sensores ligados ao braço mecânico e controles próximo do display. A Figura 8 mostra os componentes básicos de um *head-coupled display*. (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002).

Figura 8 - Sistema de display estereoscópico BOOM



Fonte: Netto, Machado e Oliveira (2002?).

A configuração deste dispositivo possibilitava uma fácil transição entre a visualização do mundo virtual e a interação com teclados, monitores e demais dispositivos que possam controlar a simulação. Além disso, o fato deste dispositivo usar sensores de posição mecânicos reduz o tempo de latência das imagens. Devido a essas propriedades e ao seu preço ser inferior ao dos HMD's, os *head-coupled* displays são muito populares entre a comunidade científica (NETTO; MACHADO; OLIVEIRA, 2002).

2.3.1.1.2 Monitores e sistemas de projeção

Netto, Machado e Oliveira (2002?) afirmam que nos dispositivos visuais baseados em monitores os usuários precisam estar constantemente olhando para a tela e utilizando um dispositivo de entrada, para fazer sua movimentação pelo mundo virtual, por esse motivo não costumam oferecer um nível considerável de imersão. Sendo assim, o computador exibe de forma alternada as imagens direita e esquerda

sincronizadas com o óculos que faz o bloqueio de cada um dos olhos, permitindo que o usuário visualize uma imagem 3D. A Figura 9 mostra um dispositivo de entrada chamado óculos *shutter glasses*.

Figura 9 - Exemplo de um óculos *shutter glasses*



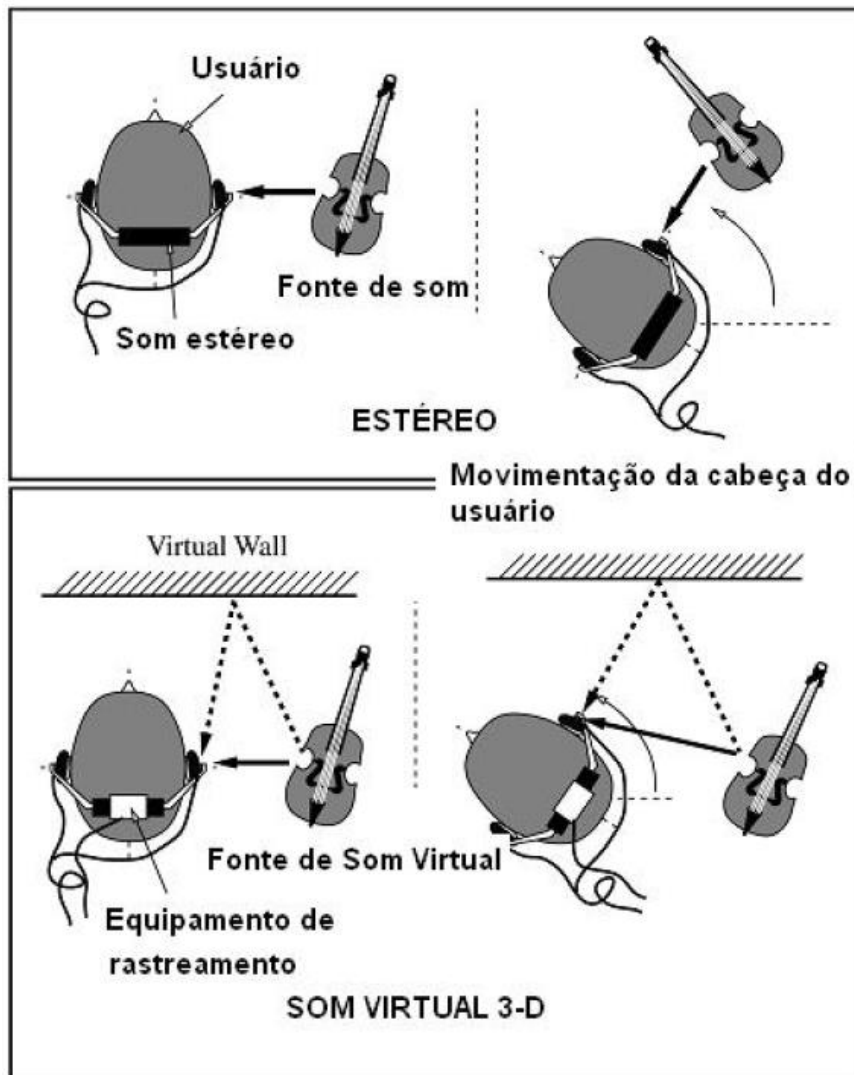
Fonte: Netto, Dos Santos e Oliveira (2002?).

De acordo com Tori, Kirner e Siscoutto (2006), um ponto positivo dos óculos na visualização baseada em monitores ou sistemas de projeção é o fato de permitirem que várias pessoas possam participar da experiência de Realidade Virtual ao mesmo tempo.

Tori, Kirner e Siscoutto (2006) entendem que a característica essencial de dispositivos para gerar sons em Realidade Virtual é a simulação da forma humana de audição. Neste formato os dois ouvidos possuem a capacidade de captar ondas sonoras vindas de qualquer direção. O formato de concha do ouvido externo do ser humano possibilita-o para capturar ondas sonoras e direcioná-las para todos os caminhos através do canal auditivo. Sendo assim, o cérebro processa as características do som para determinar de qual direção originou a fonte sonora.

Com o objetivo de proporcionar uma sensação de imersão existe o som 3D. Do mesmo modo que o ser humano possui visão estereoscópica, o som 3D possui audição estéreo que desempenha o mesmo papel. Na Figura 10 podemos identificar a diferença do som 3D e do som estéreo (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

Figura 10 - Comparação entre som 3D Virtual e som Estéreo



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 48).

Em um sistema de som 3D perfeito é extremamente difícil diferenciar simulação de realidade. Em função disso existem diversas placas de som projetadas para trabalhar com ferramentas que desenvolvem ambientes em Realidade Virtual, inclusive, placas que permitem trabalhar simultaneamente com diversas fontes de som (RODRIGUES; PORTO, 2013).

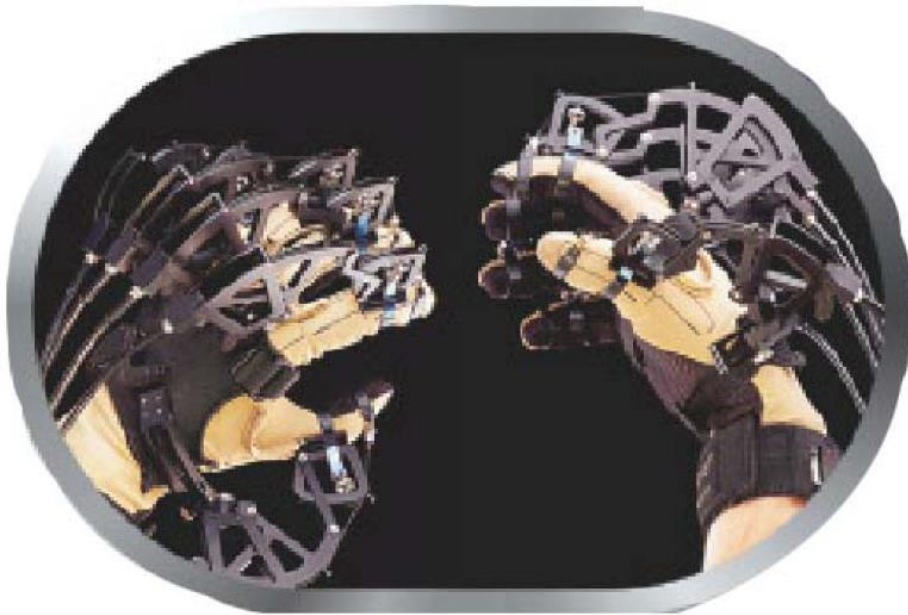
2.3.1.2 Dispositivos hápticos

Segundo Guimarães, et al., (2015), dispositivos hápticos procuram simular sensações como o tato, temperatura e tensão muscular. As sensações oportunizadas pelos dispositivos hápticos podem ser de quatro tipos:

- Retorno do aperto: possibilita ao usuário a sensação de pressão.
- Retorno de apreensão: limita os movimentos do usuário em algum grau de liberdade.
- Retorno tátil ou de toque: produz estímulos em forma de sensação de calor, toque ou vibração.
- Retorno de força: cria forças direcionais exigindo que o usuário empregue força para realizar os movimentos.

Dispositivos que criam sensações de força podem ser divididos em fixos (*ground-based*) ou móveis (*body-based*). Os fixos, como, por exemplo, *joysticks* estão atrelados a uma plataforma ou superfície que permite o envio de reações de força. Já os móveis utilizam ponto de conexão do dispositivo para fornecer a reação de força e apresentam a vantagem de poderem ser portáteis, como no caso de luvas e exoesqueletos. A Figura 11 ilustra o esquema de uma luva associada a atuadores para prover resposta de força e movimentos do usuário (TORI; KIRNER; SISCOUTTO, 2006).

Figura 11 - Luva associada a atuadores



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p.49).

Tori, Kirner e Siscoutto (2006) afirmam que dispositivos de entrada de dados para sistemas de Realidade Virtual são utilizados para enviar informações referentes às ações do usuário para o sistema. Essas ações são identificadas em um espaço 3D. Vale ressaltar que objetos em ambientes virtuais podem mover-se com seis graus de liberdade, possibilitando três rotações e três translações. Sendo assim, estes dispositivos possibilitam de forma direta ou indireta, o movimento e a manipulação de objetos no mundo virtual, ou seja, estes dispositivos fazem a conexão das ações do usuário com os elementos da cena do ambiente virtual.

2.3.1.3 Dispositivos de interação

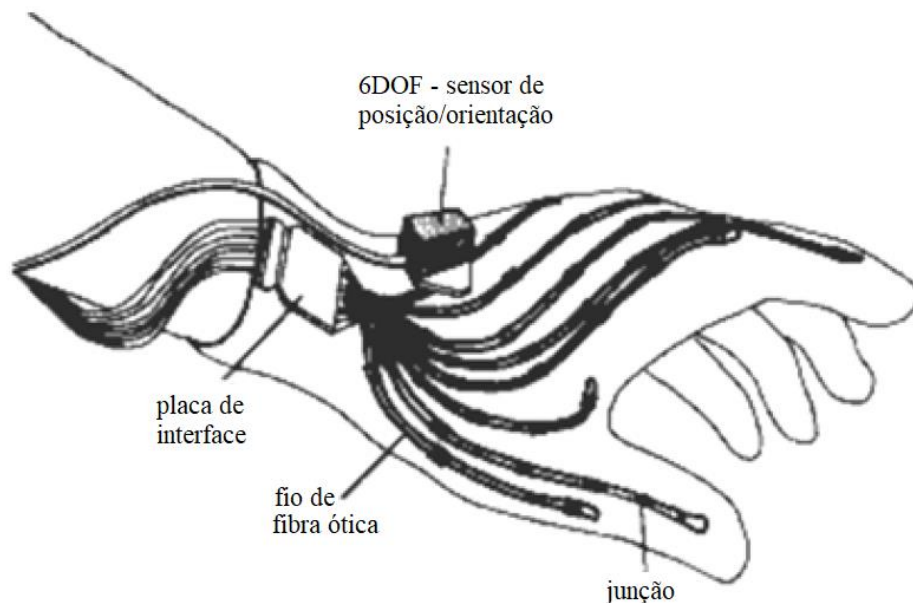
Conforme Tori, Kirner e Siscoutto (2006), existem diversos dispositivos de interação com variados objetivos, sendo necessário definir o mais propício para cada tipo de desenvolvimento de RV. A escolha do dispositivo leva em conta os pacotes computacionais a serem utilizados e não apenas a finalidade do sistema, como por exemplo, linguagens e toolkits, pois a eficiência do sistema depende da capacidade

dos pacotes em utilizar características do dispositivo. A seguir são apresentados alguns dispositivos de interação utilizados em sistemas de RV.

2.3.1.3.1 *Dataglove*

A *dataglove*, que significa luva de dados, possibilita identificar e capturar os movimentos dos dedos da mão do usuário. Em sua maioria, são utilizados sensores mecânicos ou de fibra ótica, sendo que seu uso baseia-se em um fio de fibra ótica com junções. Quando essa junta é movida o cabo dobra-se reduzindo a passagem de luz por ele e são essas variações de luz que são transmitidas para o computador e que representam o movimento. O esquema básico desse tipo de luva pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Elementos de uma luva de dados



Fonte: Tori, Kirner e Siscoutto (2006, p. 41).

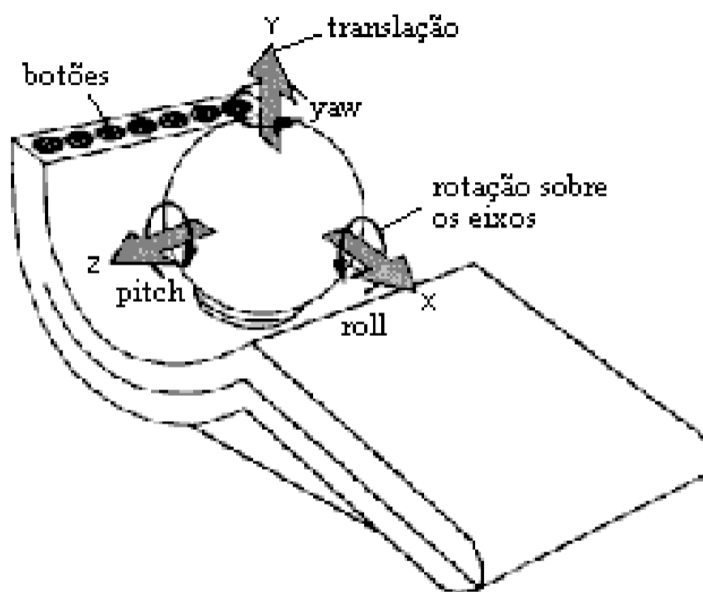
Em luvas de dados também pode ser adicionado um sensor de movimentos, onde um dispositivo permitirá a localização da mão do usuário no espaço através desse sensor. Atualmente diversos modelos de luvas disponíveis no mercado de RV, utilizados em sistemas para diferentes finalidades (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006).

2.3.1.3.2 Dispositivos com graus de liberdade

De acordo com Tori, Kirner e Siscoutto (2006) a interação em um ambiente virtual não precisa necessariamente de um completo e caro dispositivo. Algumas tarefas podem ser realizadas com dispositivos de 2DOF (2 Degrees of Freedom), ou seja, dois graus de liberdade, como por exemplo, um mouse ou *joystick*. Estes dispositivos, mesmo limitando as possibilidades de movimento, reduzem o tempo de resposta do sistema, pois são processados com maior rapidez e são de fácil utilização.

Já os dispositivos 6DOF possibilitam uma movimentação mais aberta no ambiente virtual, permitindo a movimentação em todas as direções do espaço tridimensional. Algumas empresas modificam o projeto do mouse para que funcione com sensores de trajetória 6DOF ou 3DOF. Dessa forma, passam a utilizar dispositivos de rastreamento ultrassônicos ou eletromagnéticos, ficando dependente do sistema de rastreamento dos movimentos. Dispositivos isométricos são mais fáceis de manipular e possuem uma diferença importante em relação aos demais dispositivos 6DOF, sendo capazes de medir a quantidade da força aplicada. A Figura 13 mostra como costuma constituir-se uma bola sobre uma plataforma com os botões configurados através de software.

Figura 13 - Esquema de uma bola isométrica



2.4 Aplicações da Realidade Virtual

Nesta seção será mostrado como a Realidade Virtual pode auxiliar nas mais diversas áreas.

2.4.1 Realidade virtual na educação

Segundo Lima, Guerra e Alves (1999), a aprendizagem é um ciclo, primeiramente observa-se um fenômeno, após, experimenta-se, então realiza-se reflexões, explanação e então aplica-se estas e outras situações. Durante todo esse processo, acaba-se por desenvolver habilidades; Alguns desenvolvem habilidades visuais, outros verbais, alguns preferem explorar e outros deduzir. Para cada uma destas habilidades pode-se utilizar a Realidade Virtual de forma diferente, como por exemplo, no ensino de conceitos abstratos, a RV pode ser usada para materializar essas informações permitindo caminhar sobre superfícies, reconhecer pontos de inflexão, etc. Para quem apresenta a habilidade de aprendizagem visual, a Realidade Virtual se adequa em função de seu aspecto altamente visual.

Considerado como um importante benefício da RV, o conhecimento intuitivo do usuário em relação ao mundo real pode ser usado para manipular o ambiente virtual, permitindo ao usuário a alteração de informações através de experimentações próximas do real. Isso ocorre porque o ambiente virtual é capaz de criar a ilusão de mundo que na prática não existe, através da representação 3D para o usuário. Sendo assim, a RV tem a possibilidade de oportunizar uma educação em forma de exploração, descoberta, imaginação, invenção e também a construção de uma nova visão da aprendizagem. (CARDOSO et al., 2007).

Cardoso, et al., (2007) afirmaM que a utilização de RV tem sido avaliada de forma intensiva nos últimos anos quando relacionada para fins educativos. A conclusão destas avaliações apresenta ganhos relacionados a aprendizagem superiores a diversas outras formas de interação, sendo os itens mais relevantes:

- Motivação de estudantes;

- Ilustrações de características e processos;
- Visualização de detalhes e objetos;
- Permite experimentos visuais;
- Refazer experimentos fora do âmbito da aula clássica;
- Encoraja a criatividade e experimentação;
- Requer interação, objetivando que cada estudante se torne ativo dentro de um processo de visualização.

2.4.2 Realidade Virtual na medicina

Nos últimos anos, segundo Cardoso et al., (2007) as áreas da saúde, principalmente a Medicina, têm se beneficiado de forma cada vez maior com os avanços da tecnologia e da Realidade Virtual. Dessa forma acredita-se que a Realidade Virtual auxilia de forma única na aprendizagem e treinamento de estruturas anatômicas do corpo humano.

Na Medicina, uma das principais dificuldades é como visualizar de forma realística a inter-relação de estruturas anatômicas em formato 3D. A partir da Realidade Virtual isso é possível, pois pode-se repetidas vezes observar e descobrir as estruturas anatômicas de interesse, agrupando-as e separando-as com os mais diversos modelos de visualização, imersão e exploração. Visto que essa observação seria impossível em pacientes vivos, e inviável financeiramente manter cadáveres em Instituições de ensino de medicina (CARDOSO et al., 2007).

Ainda, segundo Machado e Moraes (2006), uma das áreas mais promissoras dentro das aplicações médicas em Realidade Virtual é a do treinamento médico, pois nesse contexto, existem simuladores cirúrgicos que a finalidade é proporcionar a prática de técnicas em condições que reproduzem a realidade de um procedimento.

Um exemplo prático da importância da Realidade Virtual na medicina, além de simulação para estudantes e treinamento médico, é a possibilidade de controlar os

braços de um robô para realizar uma cirurgia em um soldado em campo de batalha. Outra finalidade importante de destacar é que esta tecnologia reduz o custo de treinamento de cirurgiões e reduz consideravelmente os riscos cirúrgicos dos pacientes (CARDOSO et al., 2007).

2.4.3 Realidade Virtual na psicoterapia

De acordo com Riva (2005), a Realidade Virtual é considerada uma forma de auxílio em tratamentos, tão eficaz quanto a realidade, pois consegue induzir o paciente a respostas e estímulos emocionais de forma rápida e segura. Usando RV, é possível gerenciar com sucesso uma situação problemática relacionada com a sua perturbação. Criando um ambiente virtual em que o paciente se sentirá mais seguro, a Realidade Virtual pode permitir que o paciente expresse pensamentos e sentimentos que, de outro modo, são difíceis ou pouco seguros de expressar, aumentando assim o grau de proximidade entre o paciente e o terapeuta.

O sentimento de presença que a Realidade Virtual nos permite experimentar e seu envolvimento que proporciona diferentes estímulos sensoriais proporcionam sensação de imersão realista e vívida, podendo ser sentida de forma mais intensa comparado com cenários de sua própria imaginação. Dessa forma, como podem ocorrer exposições ao vivo e imaginárias, é possível organizar com o paciente uma lista de situações e estímulos temidos que correspondem à realidade para experimentar em um ambiente virtual. Estes estímulos são desenvolvidos e integrados em um ambiente virtual permitindo a interação e possibilitando que o paciente se porte no ambiente virtual como reagiria no ambiente real (RIVA, 2005).

Uma característica fundamental é que as exposições a ambientes virtuais podem ser administradas em consultório, sendo mais apropriado e controlado, pois a intensidade dos estímulos provocadores de ansiedade é escolhida pelo paciente e terapeuta. Dessa forma é possível garantir a segurança inicial para exposições ansiogênicas preservando a confidencialidade do tratamento. Nessa linha também é possível criar situações adequadas, em vez de procurá-las na vida real (RIVA, 2005).

Segundo Riva (2005), diferente dos cenários imaginários, as cenas para o cenário virtual são constituídas por impulsos concretos facilitando o envolvimento emocional diminuindo os sintomas de medo. Essa tecnologia auxilia os pacientes que possuem dificuldade em imaginar cenas que lhe causem ansiedade ou medo, ou até mesmo manter-se imaginando tais cenas, visto que é esta abordagem que auxilia seu tratamento.

2.5 Simuladores

De acordo com Shannon (1998), a simulação é o processo de desenhar um modelo de um ambiente real e conduzir experiências nele, com o propósito de entender o comportamento do processo e estimar várias possibilidades para a operação do sistema. Define-se simulação como o processo de projetar um modelo de um sistema real, conduzindo experimentos através dele, com a finalidade de entender o comportamento do sistema ou a avaliação de várias estratégias para sua operação. Assim, é essencial o modelo ser projetado de tal forma que o seu comportamento imite resposta do sistema real em eventos que levam a alguma conclusão ao longo do tempo.

Segundo Bateman et al., (2013), simulação é um processo de experimentação que consiste em um modelo de um sistema real para definir como o processo responderá a mudanças em sua estrutura, condições de contorno ou ambiente. A oportunidade de criar e simular fenômenos possibilita verificar o quão significativa e representativa seriam essas mudanças, contribuindo assim na tomada de decisão.

De acordo com Portugal (2005), simulação é derivado do latim *simulatus* que significa “imitar”, desse modo a simulação pode ser definida como a reprodução de uma situação real, por meio de do uso de modelos. O principal objetivo de uma simulação é reproduzir o comportamento próprio e as interações dos elementos possibilitando estimar os efeitos de mudanças no sistema.

A simulação é uma das ferramentas mais poderosas disponíveis para tomadores de decisão responsáveis pelo projeto e operação de processos e sistemas complexos. Torna possível o estudo, análise e avaliação de situações que não seriam

de outra forma possível. Em um mercado cada vez mais competitivo, a simulação tornou-se um processo indispensável de solução para engenheiros, projetistas e gerentes. Através da simulação podemos encontrar diversos resultados e possibilidades de resposta de um processo antes mesmo do sistema ser concebido ou de um procedimento ser realizado. Isto permite minimizar os riscos descobrindo quais são as decisões corretas antes de cometer as decisões erradas (SHANNON, 1998).

Segundo Portugal (2005), a criação de um modelo de simulação demanda uma grande dedicação, mas quando criado possibilita representar muitas situações alternativas de projeto em um tempo pequeno e a baixo custo. Além disso, Shannon (1997, p. 08), cita que *simulation is both an art and a science*, ou seja, simulação é tanto uma arte como ciência, sendo esse o motivo pelo qual a construção de um ambiente simulado requer uma variedade de profissionais com diversas habilidades. Desde pessoas que vão operar o simulador, passando por designers, engenheiros e chegando a especialistas em análise de dados e estatísticas.

Na atualidade a simulação tornou-se um importante aliado para a engenharia e para a medicina. Em geral, a maioria dos estudos e aplicação de simuladores são realizados por uma equipe, pois a simulação não é vista apenas como um trabalho de programação. Sendo assim, a simulação nos permite verificar problemas que podem ocorrer na situação real, identificar pontos críticos de um processo, familiarizar-se com uma situação incomum antes de encará-la na realidade, enfim, simular, verificar e estudar o comportamento do processo, assim como da pessoa que está operando o simulador (SHANNON, 1998). O uso da ferramenta de simulação é importante pois é possível vender a ideia de mudança aos tomadores de decisão, possibilitando incentivar uma atitude do tipo vamos experimentar para ver (BATEMAN et al., 2013)

Um dos pontos positivos citados por Shannon (1998), é que podemos simular processos que já existem, assim como aqueles que são possíveis de serem trazidos para a existência. Dessa forma, a representação de um sistema deve ser o mais próximo possível da realidade, visto que um simulador somente irá fornecer respostas e dados próximos aos da reação real se o mesmo for alimentado com dados corretos. Em outras palavras, uma simulação é composta por modelos de entradas e saídas,

ou seja, para uma saída correta, se faz necessário uma entrada correta, caso contrário todo o processo de desenvolvimento e testes será perda de tempo.

Segundo Shannon (1998), pode-se identificar vários passos que devem ser encontrados em qualquer elaboração de um simulador, entre eles:

- Definição de metas e objetivos de estudo devem ser realizadas antes de qualquer outra ação, isso porque deve-se conhecer o propósito do simulador para focar em quais respostas são desejadas. Após isso deve-se formar a equipe e ter certeza de que existem recursos de hardware e software disponíveis para concluir o trabalho.
- Após, deve-se definir os limites do projeto, até onde ele abrange. Tendo essas restrições em mãos avança-se para a elaboração de um modelo, podendo ser feito através de diagrama de blocos ou de fluxograma de processos, onde pode-se descrever os componentes, as variáveis e a lógica.
- Em relação aos recursos do simulador, definir quais dados precisam ser analisados no sistema e qual a importância de cada um. Definir quais dados são necessários para serem inseridos no projeto e, um ponto de extrema importância, é definir a forma de simulação do modelo adequada para a aplicação.
- Seguindo as etapas mencionadas acima, mais da metade do trabalho terá sido realizado e se elas forem executadas de forma correta, as chances do simulador reportar os resultados corretos são maiores.
- Nesta segunda etapa é realizada a verificação e a validação. As respostas da simulação são analisadas e se são aceitáveis, são definidas como as possíveis respostas de um sistema real.
- Com a simulação desenhada, é necessário especificar quais são os resultados objetivados e determinar como cada procedimento deve ser realizado para que se alcance o objetivo.
- A última parte compreende a execução da simulação com operadores do simulador, onde são colhidos dados e com eles estatísticas referentes aos

resultados são geradas, para posteriormente serem analisadas e interpretadas pela equipe responsável. Após isso a última etapa é documentar os resultados e entregar o simulador ao mercado ou público-alvo da construção dele.

2.5.1 Simulador por Realidade Virtual

Segundo Zyda (2005), durante as últimas duas décadas, a comunidade de Realidade Virtual baseou seu desenvolvimento em uma síntese de trabalhos em gráficos 3D interativos, interfaces de usuário e simulação visual. Claramente, o campo de RV está em transição para o trabalho influenciado por videogames e agora influencia também essa indústria. Grande parte da pesquisa e desenvolvimento sendo conduzido na comunidade de simuladores e jogos é paralelo à Realidade Virtual, e tem o potencial de afetar um público maior.

Simuladores baseados em Realidade Virtual estão sendo utilizados para treinamento nas mais diversas áreas de estudo. O trabalho apresentado por Barbosa et al. (2016) auxilia no treinamento de maquinistas de trem. O simulador desenvolvido pelos pesquisadores é capaz de simular a condução de um trem e reproduzir condições adversas às normais. A configuração do trem no cenário é constituída por interfaces amigáveis e emulam condições de degradação dos equipamentos. Permite também a avaliação dos maquinistas, através de relatórios com pontuação. Na Figura 14 é possível visualizar a visão que o maquinista possui.

Figura 14 - Percepção do motorista



Fonte: Barbosa et al. (2016).

Outro fator importante destacado pelos autores, é a visualização em tempo real, que garante uma maior imersão ao usuário juntamente com os demais sentidos do ser humano, como por exemplo, o tato, a audição e o olfato.

2.6 Baja

O Projeto Baja SAE (*Society of Automobile Engineers*) foi idealizado em 1973 na Universidade da Carolina do Sul (EUA), sob a coordenação do professor Dr. John F. Stevens. Anos depois, em 1976, o projeto foi reconhecido e teve sua primeira edição organizada pela SAE *International*, que segue sendo a responsável pela realização da competição até os dias atuais.

As atividades do Baja SAE Brasil em território nacional iniciaram em 1991, mas seu lançamento demorou mais três anos, sendo realizado em 1994 para que no ano seguinte, em 1995, pudesse ocorrer a primeira competição nacional, sediada na cidade de São Paulo.

Competição Baja SAE Brasil é a denominação do evento nacional organizado pela SAE Brasil. Existem três etapas regionais, são a Sul, Sudeste e Nordeste. Além

do Baja *off-road*, a SAE organiza competições de drones, carros autônomos, híbridos, elétricos, veículos de neve e de eficiência energética.

O Projeto Baja, segundo definição encontrada no próprio site, é uma competição de âmbito mundial entre instituições de ensino superior. Através dela, estudantes de engenharias são habilitados a aplicar a teoria aprendida na sala de aula em projetos de design, construção e teste de performance, em veículos reais (*off-road*) competindo com estudantes ao redor do mundo. O Objetivo é sempre buscar aplicações na indústria da mobilidade. A Figura 15 mostra um carro *off-road* desenvolvido por alunos da UNIVATES no ano de 2017.

Figura 15 - Carro *off-road*



Fonte: UNIVATES (2017).

A competição prepara o estudante em uma variedade de disciplinas extracurriculares, desafios que são encontrados no mundo real e que muitas vezes não são estudados na grade curricular da engenharia, tais como: trabalho em equipe, comunicação, liderança, ética, entre outros. Ela constrói uma base para o futuro profissional desenvolvendo valores humanos e técnicos.

A exposição dos estudantes com o mercado e com contatos da indústria de mobilidade também é um dos objetivos do Projeto Baja. Uma vez que para tornar-se um projeto real, após a graduação, muitas vezes o aluno precisará de um auxílio de companhias líderes de mercado.

A frase *we came to learn, not to win* que significa viemos para aprender, não para vencer foi dita no ano de 1980 por um competidor do Projeto Baja durante competição na Universidade de Delaware, nos Estados Unidos. Esta frase segue sendo até hoje um dos pilares da competição.

O projeto Baja deve contemplar um veículo *off-road* capaz de superar terrenos acidentados por 4 horas, e que seja de fácil operação e manutenção. Com características robustas em todos os sistemas do veículo, tais como: chassi, direção, motor, suspensão e tração.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

O trabalho intitulado *Virtual Reality Flight Simulator* publicado em 2016 na Indonésia pelos alunos Kelvin Valentino, Kevin Christian, e Endra Joelianto da *Bandung Institute of Technology* foi desenvolvido um simulador para pilotos de avião. O objetivo era que o simulador atuasse da mesma forma que os convencionais simuladores atuam, com algumas diferenças como a portabilidade do simulador, podendo ser acessado e utilizado em diversos locais, o baixo custo de produção em relação aos simuladores físicos, a simulação de diferentes situações e condições climáticas de voo.

Para o desenvolvimento dessa cabine virtual, na qual o piloto pode interagir com as ferramentas e os painéis que o rodeiam dentro da aeronave, foi utilizado o software Unity e a linguagem C# dentro dela. Um ponto positivo na escolha desse software foi porque ele possui centro de gravidade no objeto, facilitando assim a configuração para diferentes aeronaves, já que cada uma responde de uma forma diferente à essas condições.

Os hardwares utilizados para realização do simulador foram primeiramente um Notebook com o Unity instalado para desenvolvimento. Já na fase de testes e utilização foram utilizados um smartphone Samsung Galaxy S7, um Samsung Galaxy Gear Vr e um Joystick, também chamado de *Gamepad*. Foram adicionados alguns Assets em 3D, de alguns objetos e do ambiente e após foram modificados e aperfeiçoados para a aplicação. Coeficientes aerodinâmicos e cálculos de forças e movimento foram inseridos no simulador para representar os coeficientes angulares e a aceleração das aeronaves da forma mais real possível.

Ao fim da criação do simulador ele foi renderizado e foi gerado um arquivo *.apk*, para então ser instalado no Android e poder ser executado. Os pontos a melhorar do simulador são a inclusão de mais funções e dispositivos presentes nos painéis da aeronave, para o manuseio do avião ser mais real. Na Figura 16 podemos verificar o funcionamento do simulador, seus dispositivos de entrada, de saída, o ambiente virtual e o ambiente real.

Figura 16 - Funcionamento do simulador com dispositivos de entrada e saída, ambiente real e virtual.



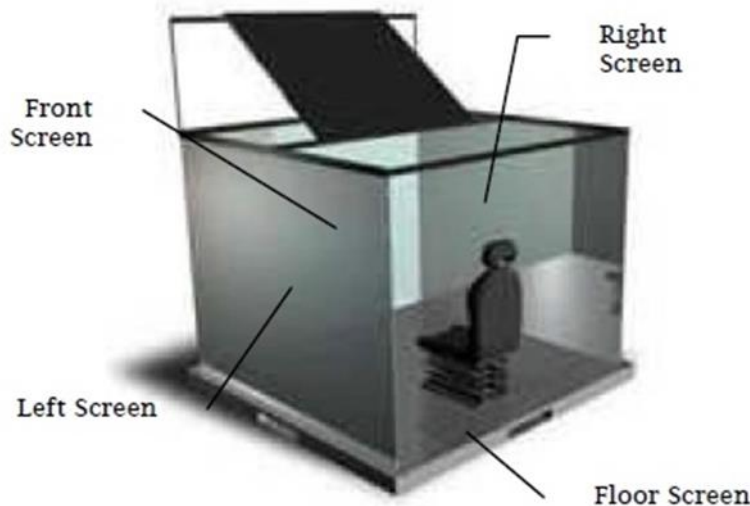
Fonte: Valentino, Christian e Joelianto (2016, p. 24).

Outro trabalho referente simuladores em Realidade Virtual é dos alunos K. K. Yuen, S. H. Choi e X. B. Yang da Universidade de Hong Kong no ano de 2010, denominado *A Full-immersive CAVE-based VR Simulation System of Forklift Truck Operations for Safety Training*, que visava treinar o operador de empilhadeira para identificar potenciais riscos e familiarizá-lo com possíveis acidentes e problemas que ele pode encontrar no ambiente de trabalho e assim reduzir acidentes. Para esta atividade, já existiam alguns simuladores em computadores e em múltiplas telas, mas

nenhum representava o cenário real, visto que não realizavam a imersão completa do usuário no experimento.

O projeto foi desenvolvido em um ambiente de total imersão, nomeado como CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*), em um modelo formado por múltiplas telas projetadas nas faces de um cubo onde o usuário fica dentro. No experimento citado foram quatro telas, conforme a Figura 17. Desse modo foi atingido o objetivo de total imersão do usuário dentro dos riscos durante manobras e no manuseio das cargas dentro do depósito

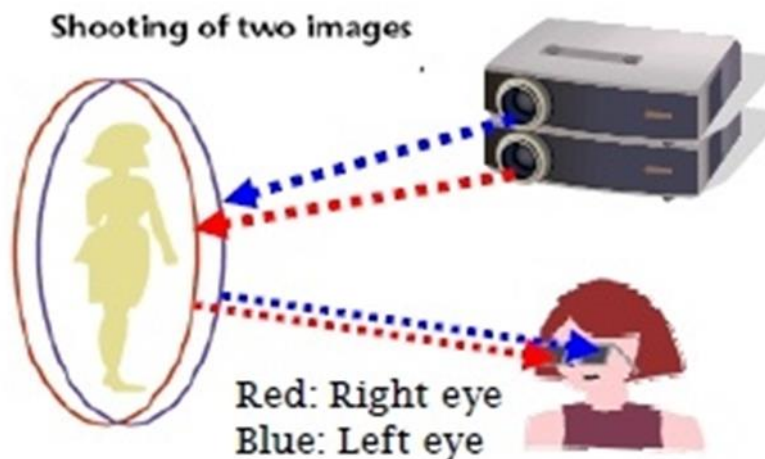
Figura 17 - Múltiplas telas projetadas na face de um cubo.



Fonte: Adaptada pela autora com base em Yuem, Choi e Yang, (2010).

O CAVE consiste em uma estrutura parecida com um cubo, com as paredes lisas e fechadas. A projeção das imagens foi realizada por oito computadores, com projetores instalados em pares para cada vista a ser exibida, no caso analisado, foram quatro vistas, Frontal, Direita, Esquerda e Inferior, foram oito projetores, dois para cada vista, cada um fazendo o papel do Esquerdo/Direito dos olhos humanos, conforme a Figura 18.

Figura 18 - Demonstração de quatro vistas, frontal, direita, esquerda e inferior.



Fonte: Adaptada pela autora com base em Yuem, Choi e Yang, (2010).

Em relação aos softwares, as telas foram desenhadas no *SolidWorks* e *3dStudioMax* em escala real. Algumas texturas e qualidades dos desenhos foram reduzidas visando uma execução sem travas do simulador. O software utilizado para modelar os movimentos, interações e reações do simulador foi o *Using Virtools*.

A aquisição de dados foi realizada através do volante e dos pedais, um computador ficou responsável por executar essa leitura - o mestre - e ele foi responsável por sincronizar as telas dos outros sete projetores e distribuir as reações a eles em tempo real. Além disso, uma luva desenvolvida para alteração de menus e configurações, seleção de modos, com três botões integrados a ela.

As respostas são os resultados de cálculos relacionados a peso, velocidade e ambiente, então o mestre realiza diversos cálculos para entregar uma resposta mais próxima da realidade. Quanto mais cálculos ele tiver que fazer, mais será a demora da resposta do movimento, logo para deixar o simulador sem atraso na resposta aos movimentos, alguns objetos do ambiente foram configurados para não interagir com o simulador, diminuindo assim os cálculos que o mestre necessitaria fazer.

O experimento se mostrou eficaz, uma vez que a maioria dos cursos para operadores de empilhadeira visam as habilidades operacionais, manobras, subida e descida de cargas. Este experimento visou a parte que é deixada de lado muitas vezes, a segurança do operador. Um dado alarmante segundo a *Occupational Safety*

& *Health Administration in America*, entidade que mensura saúde no trabalho, é de que cerca de 70% dos acidentes relacionados a esta atividade podem ser evitados com treinamentos relacionados à segurança, pois a maior causa é a falta do correto uso das práticas de segurança no trabalho, ao invés da falta de habilidades, como o senso comum pensa.

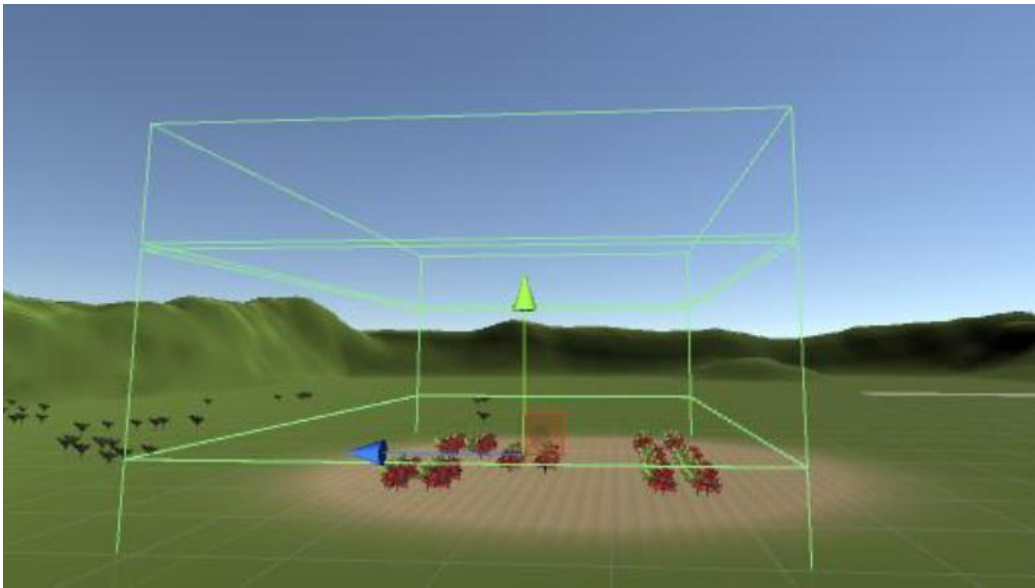
Já o simulador desenvolvido pelos alunos Luis Thiago Gallerani Pinto, Matheus Araujo Bento, Kennedy Vinicius Marino, Igor dos Santos Arruda, José Rafael Pilan e Osvaldo Cesar Pinheiro de Almeida da Faculdade de Tecnologia de Botucatu buscou desenvolver um software para simulação de voo agrícola e pulverização de defensivos agrícolas. Visando aprimorar as técnicas do piloto quanto ao voo e mais especificamente quanto a aplicação dos produtos.

Para se tornar um piloto são necessárias inúmeras horas de aulas de pilotagem, isso incide em um valor elevado para custear tudo envolvido, desde o avião ao combustível. O simulador em RV possibilitou treinamentos extras, sem riscos e com gastos financeiros reduzidos. Técnicas específicas para piloto agrícola foram inseridas no simulador, tais como aproximações das áreas, voo com aeronave carregada, aplicação do produto em eixo e alturas estabelecidos.

Em relação a software e hardware, o simulador foi desenvolvido na ferramenta Unity, com linguagem C#, utilizou-se um óculos RV e um *joystick*, como saída e entrada de dados.

A Figura 19 ilustra o desenvolvimento do simulador, elementos físicos como montanhas, área de cultivo e ambiente que circula a área foram inseridos para representar o mundo real, alguns indicadores de limites também foram inseridos para auxiliar o piloto em treinamento.

Figura 19 - Desenvolvimento do simulador com elementos físicos



Fonte: Pinto, et al. (2018, p. 05).

Outro trabalho da faculdade de Tecnologia de Botucatu desenvolvido pelos alunos Jorge Henrique Faine e Monteiro Gustavo Kimura Montanha foi uma aplicação em realidade virtual para simular ambientes subaquáticos. Buscando desenvolver um ambiente onde o usuário tivesse a possibilidade de interagir com os elementos durante um mergulho marinho. O objetivo era implantar essa aplicação em quiosques de Shoppings, área pública e com grande movimentação de pessoas para ser um produto atrativo.

Os hardwares utilizados foram um Processador Intel I5, placa de vídeo GeForce GTX 960, 8GB de RAM e um Oculus Rift DK2. Para programação e criação do ambiente foi utilizado o software Unity 3D. Para a simulação da movimentação dos peixes foram pré-definidos alguns movimentos, alguns pontos fixos de destino e origem, porém alterações de velocidade e direção foram definidas como aleatória, para deixar a representação mais real.

A área física real do simulador é uma gaiola, visando assim evitar acidentes, uma vez que dentro da realidade virtual as pessoas tendem a querer explorar e se movimentar pelo ambiente, então com uma limitação de ambiente os riscos de acidentes são eliminados. A inserção de peixes, cardumes e outros elementos do

fundo do mar próximo ao usuário foram realizadas para deixar a experiência mais imersiva.

Alguns eventos que ocorrem durante a simulação receberam indicação para chamar a atenção do usuário, uma vez que a realidade virtual dá liberdade de movimentos ele poderia estar olhando para a esquerda quando um tubarão passasse pela direita, perdendo assim um importante evento. Bolhas de ar também foram inseridas no simulador, junto com o áudio da expiração do mergulhador e os barulhos típicos do fundo do mar, esses elementos adicionados aumentaram os detalhes do ambiente e a sensação de imersão. Áudios são parte fundamental da simulação, também foram adicionados sons não reais do mundo subaquático, visando estimular sensações desejadas em determinados momentos do mergulho, tais como relaxamento, perigo e contemplação.

A Figura 20 ilustra a visão do simulador com a apresentação da vida marinha.

Figura 20 - Simulador com a apresentação da vida marinha



Fonte: Monteiro e Montanha (2019, p. 109).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo é descrito o tipo de pesquisa do presente trabalho, a unidade de análise, amostra, coleta de dados, procedimentos éticos e as ferramentas utilizadas durante a pesquisa.

4.1 Tipo de pesquisa

O presente trabalho é caracterizado como experimental, exploratório descritivo e de abordagem qualitativa.

4.2 Quanto aos objetivos

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), a pesquisa exploratória proporciona familiaridade com o problema, com o intuito de torná-lo explícito ou objetivando construir hipóteses. Segundo Gil (2008), a maioria desse tipo de pesquisa envolve: a) pesquisa bibliográfica; b) diálogos com pessoas que participaram do experimento pesquisado; c) análise de exemplos com o intuito de estimular a compreensão.

De acordo com Gil (2008), são desenvolvidas pesquisas exploratórias objetivando proporcionar visão geral referente determinado fato. Este tipo de pesquisa é feito principalmente em casos onde o tema definido é pouco explorado e faz-se difícil sobre ele criar hipóteses claras e operacionalizáveis. A pesquisa descritiva tem o intuito de representar os fatos e ocorrências de determinada realidade, exigindo do

pesquisador uma série de dados sobre o que pretende analisar (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Conforme Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva é quando o pesquisador não interfere nos fatos observados, apenas registra e os descreve. Objetiva descrever as características de tal população estabelecendo relações entre as variáveis. Esse tipo de pesquisa geralmente envolve o uso de algumas técnicas de coleta de dados, como por exemplo, questionários e observação sistêmica.

De acordo com Gil (2008), as pesquisas descritivas em conjunto com as exploratórias, são as que geralmente os pesquisadores realizam pelo fato de estarem preocupados com a atuação prática. Esse tipo de pesquisa também é bastante solicitado por instituições educacionais, empresas comerciais, partidos políticos, entre outros.

Dessa forma, o presente trabalho é considerado de pesquisa descritiva e exploratória, pois faz o levantamento de requisitos e o desenvolvimento de um simulador automotivo que reproduza a sensação de dirigir um veículo *off-road*, utilizando técnicas de Realidade Virtual.

4.3 Quanto a natureza da abordagem

Na pesquisa qualitativa a representatividade numérica não é tão relevante, pois considera que existe uma relação dinâmica entre o sujeito e o mundo real, ou seja, existe um vínculo entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito não sendo possível traduzir em números. Não requer o uso de técnicas estatísticas, pois a interpretação dos fenômenos e seus significados são básicos e o instrumento-chave é o pesquisador (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Sendo assim, neste estudo faz-se o uso de pesquisa qualitativa, pois serão coletadas impressões de usuários em relação ao experimento e dados como tempo de percurso e nível de imersão serão analisados com técnicas estatísticas.

4.4 Quanto aos procedimentos técnicos

Segundo Prodanov e Freitas (2013), ao determinar um objeto de estudo é necessário selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e também definir as formas de controle e observação dos efeitos que determinada variável produz no objeto. Com isso, na pesquisa experimental o pesquisador busca refazer as condições do fato a ser estudado, para ser observado sob controle. Para isso é utilizado local apropriado, instrumentos e aparelhos de precisão, com o intuito de demonstrar o modo e as causas pelas quais um fato é produzido demonstrando o estudo de causas e efeitos.

O propósito da pesquisa experimental é demonstrar a viabilidade de uma técnica ou programa que seja potencial e viável para programas práticos. O procedimento de coleta de dados é realizado através de técnicas de observação sendo desenvolvida durante a pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 2003).

Portanto, este trabalho é caracterizado como experimental, pois vai desenvolver um experimento que é o simulador automotivo de Realidade Virtual.

4.5 Unidade de análise

A UNIVATES, mais especificamente, laboratório 412 do prédio 11 e sala 205 do prédio 17 foram o campo de ação utilizado. No laboratório 412 do prédio 11 foram recepcionados e estimulados a testar o simulador desenvolvido os alunos do Ensino Médio que estavam presentes na UNIVATES no evento da Feira de Cursos 2019. Já na sala 205 do prédio 17 os alunos da disciplina Tópicos Especiais Baja do Curso de Engenharia Mecânica puderam testar o simulador e posteriormente avaliá-lo, visto que são especialistas no assunto Baja.

A Figura 21 ilustra o volante em cima da mesa, o óculos VRBox ao lado do volante, além do acelerador e freio embaixo da mesa.

Figura 21 - Volante em cima da mesa, ao lado óculos VRBox e pedais embaixo da mesa



Fonte: Da autora (2019).

4.6 Amostra

De acordo com Diehl e Tatim (2004), a amostragem Não Probabilística não faz uso de formas aleatórias de seleção, sendo escolhida de forma intencional para um público específico. Neste tipo de amostragem o pesquisador se dirige a determinados elementos considerados típicos da população que deseja estudar. Apesar de apresentar maior limitação quando se diz respeito à generalização dos resultados para o universo estudado, seu uso pode ser uma boa alternativa.

Já a amostragem Probabilística pode ser submetida a tratamento estatístico, o que permite compensar erros amostrais e outros aspectos relevantes para a representatividade e a significância da amostra (DIEHL; TATIM, 2004).

O presente trabalho fez uso da amostragem probabilística e não probabilística, tendo maior foco na amostragem não probabilística. Para a amostragem não probabilística ficou definida a turma que neste semestre cursa a disciplina Tópicos Especiais Baja, e no grupo de pessoas que integra a amostra probabilística, os estudantes presentes na Feira de Cursos 2019 organizada pela.

4.7 Coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada através de um questionário online, criado na ferramenta Google Formulário. Após o usuário testar o simulador foi solicitado que respondesse um questionário com perguntas referentes à experiência.

Segundo Diehl e Tatim (2004), o questionário é considerado uma técnica de coleta de dados caracterizado por uma série de perguntas que devem estar ordenadas e serem respondidas sem a presença do avaliador. Para aumentar a eficácia e validade do questionário, sua elaboração precisa da observação de algumas normas, como por exemplo, dividi-lo, se necessário, em temas, não ser longo para não causar fadiga, não ser curto, pois pode não conter informações suficientes. A estética também precisa ser observada.

4.8 Ferramentas

Nesta seção serão apresentadas as ferramentas que fizeram parte do desenvolvimento da aplicação.

4.8.1 Unity 3D

A Unity é a *engine* utilizada em 50% dos jogos do mundo. A plataforma em tempo real potencializa ferramentas e serviços, oferecendo possibilidades extraordinárias para o desenvolvimento de jogos, bem como, para criadores em indústrias e demais usos (UNITY, 2019).

Disponível para Windows, Mac e Linux, possui uma grande quantidade de ferramentas amigáveis para o usuário, possibilitando projetar experiências imersivas e uma imensidade de jogos. Conta também com uma coleção de ferramentas de desenvolvimento que objetivam implementar a lógica dos jogos em alta jogabilidade e performance (UNITY, 2019).

A ferramenta Unity será utilizada para fazer o simulador em Realidade Virtual, visto que é um software bastante intuitivo e por possuir uma infinidade de tutoriais disponíveis na internet para apoio. Todo desenvolvimento mobile será feito através desta ferramenta.

4.8.1.1 Unity Asset Store

Unity *Asset Store* é uma biblioteca de recursos que são criados pela Unity e pelos membros da comunidade e publicados na loja. Existem os mais diversos tipos disponíveis, entre eles, texturas, animações, modelos completos de projetos, tutoriais e até extensões de editor (UNITY, 2019).

Para a parte gráfica deste trabalho foram utilizados diversos *Assets*, entre eles o *Standard Assets*, utilizado para a configuração das texturas, o *NatureStarterKit2* para textura de árvores, gramas e lama. E o *race-track-lake* para o cockpit.

4.8.2 Vr Box

Os óculos de Realidade Virtual são objetos que possuem lentes especiais e alças adaptáveis para ficarem presos à cabeça do usuário. Possuem também um espaço dedicado para o encaixe do smartphone que fará a reprodução de vídeos, jogos, imagens sendo possível a sensação de imersão. Grande parte dos óculos possuem uma abertura na parte frontal para a utilização da câmera do celular quando utilizado para Realidade Aumentada (VREXTREME, 2018).

A Figura 22 exibe um óculos de Realidade Virtual mostrando o encaixe do celular e suas alças ajustáveis.

Figura 22 - Óculos de Realidade Virtual



Fonte: Tech Informática (2019).

Neste estudo foi utilizado o VRBox como óculos de RV, acompanhado de um smartphone, que serão presos à cabeça do usuário através das alças adaptáveis.

4.8.3 Volante X360/PC Driving Wheel

O volante *Driving Wheel* para Xbox360 e Computador é um produto fabricado na China e foi adquirido pela UNIVATES para o Projeto Baja Game no ano de 2017. Na época foi adaptado um cockpit que era utilizado pelo Projeto Baja para a instalação do volante e dos pedais. Hoje, o Projeto já conta com um equipamento melhor, chamado volante *Logitech G29 Driving Force* e este não está sendo utilizado.

Após testes verificou-se que este volante era compatível com o celular, por esse motivo utilizou-se ele ao invés do *joystick*. O volante utilizado neste trabalho para realizar as curvas na pista, para acelerar e frear foram emprestados do Projeto Baja Game e sua configuração é bastante simples, basta conectar o cabo do acelerador e freio na entrada informada atrás do volante. A partir desse momento já estão integrados.

4.8.4 Cabo USB OTG

Utilizado pela primeira vez em 2001, o cabo USB OTG (USB On the Go) permite que dispositivos móveis conversem entre si. Normalmente, dispositivos móveis apenas possuem capacidade de ligar em um computador por USB e ao usar o cabo USB OTG torna possível que dispositivos conectem-se entre si. Utilizando este cabo é possível fazer a leitura de pendrives, bem como, conectar teclado, mouse, por exemplo (ANDROID PIT, 2019).

Neste trabalho o cabo USB OTG foi utilizado para conectar a entrada ao volante de direção X360 e a saída ficou conectada ao celular. A Figura 23, mostra o cabo USB OTG.

Figura 23 - Cabo USB OTG



Fonte: Da autora (2019).

A Figura 24, mostra a conexão do cabo OTG ao celular e ao volante.

Figura 24 - Conexão entre celular, cabo OTG e volante



Fonte: Da autora (2019).

4.8.5 Visual Studio IDE

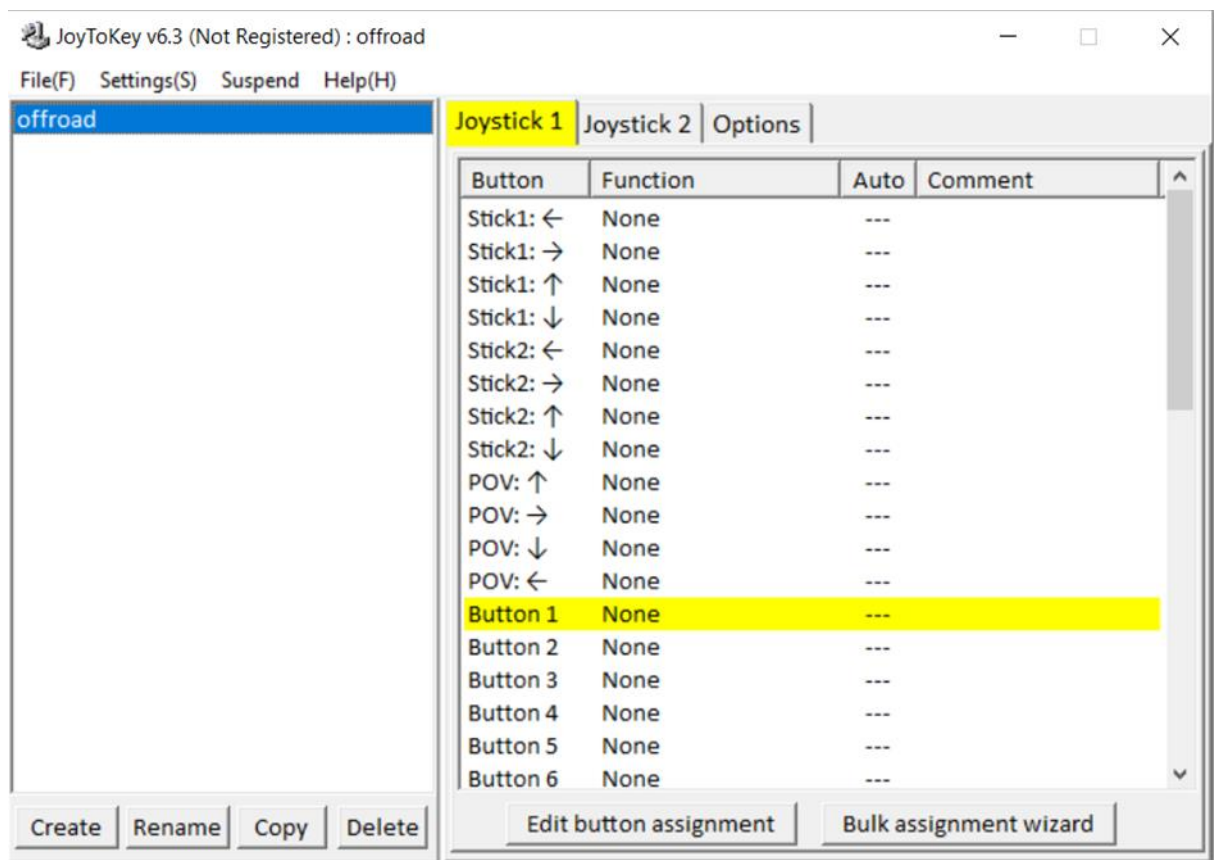
O Visual Studio IDE é uma ferramenta para desenvolvimento de software criada pela Microsoft Corporation, sendo dedicada principalmente ao .NET Framework e para as linguagens de programação Visual Basic, C, C++ e C#. Nesta ferramenta é possível desenvolver softwares para desktop Windows, dispositivos móveis e web. Não é uma ferramenta gratuita e é suportado apenas nos sistemas operacionais Windows e MacOS (VISUAL STUDIO, 2018).

Neste trabalho o Visual Studio foi utilizado como complemento da ferramenta Unity 3D, sendo usado para desenvolver o código de todas as funcionalidades do simulador.

4.8.6 JoyToKey

O JoyToKey foi a ferramenta utilizada no mapeamento das entradas do volante para depois configuração no software Unity. Na Figura 25, verificamos que ao apertar o botão “A” no volante, mostra que o nome do botão é “Button 1”, dessa forma, foi realizada esta configuração dentro do Unity, para toda vez que o botão “A” do volante for pressionado o simulador começar a contagem do tempo, ou se já estiver em andamento, voltar para o início do percurso.

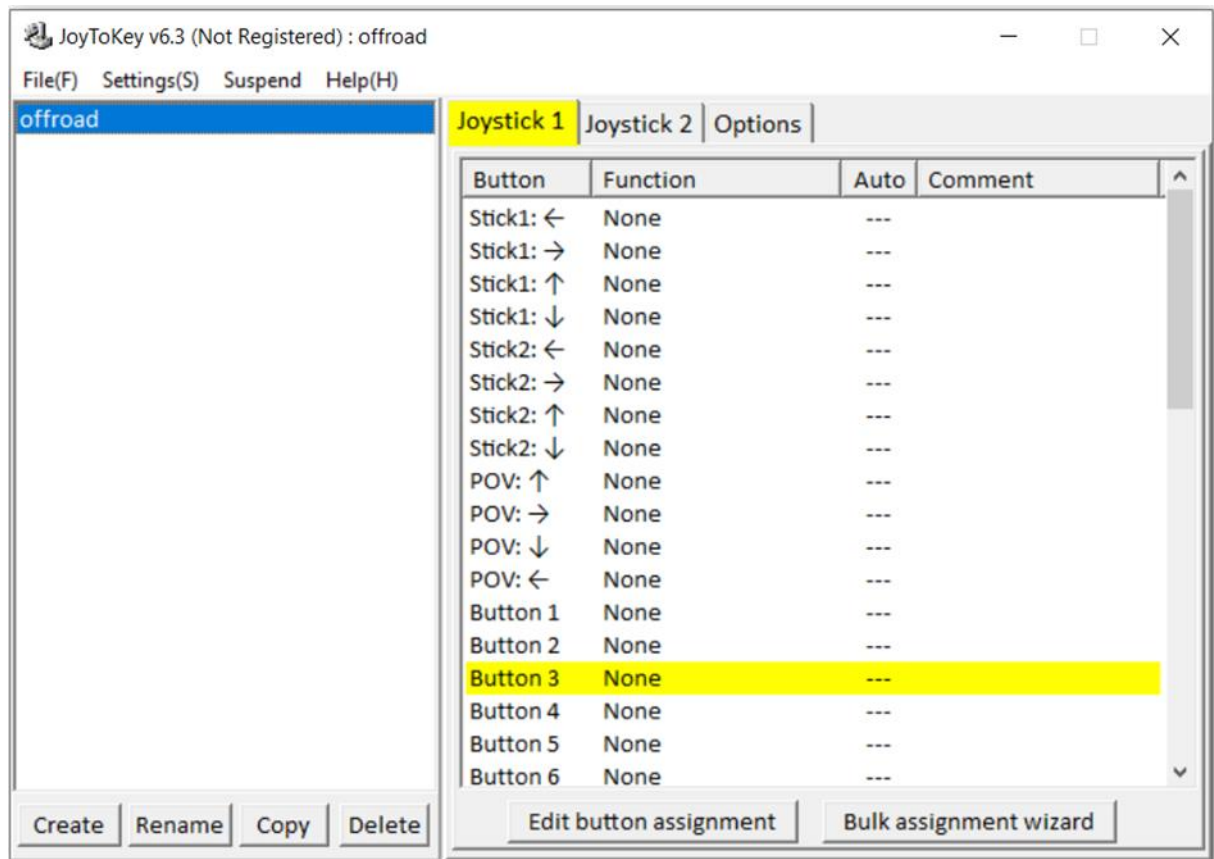
Figura 25 - Em amarelo o botão do volante pressionado



Fonte: Da autora (2019).

Da mesma forma foi realizada a configuração para o botão “X” do volante, conforme mostra a Figura 26, o nome dele é “Button 3”, ao configurar este nome no Unity no momento que é apertado o botão “X” do volante o simulador começa a contagem do tempo, ou se já estiver em andamento, volta para o início do percurso.

Figura 26 - Em amarelo o botão do volante pressionado



Fonte: Da autora (2019).

Foi realizado o mesmo procedimento para a configuração dos pedais de freio e acelerador, bem como a sua configuração no Unity 3D. Esta configuração foi necessária para que, caso algum participante desistisse antes de completar as 3 voltas, o jogo pudesse começar novamente de uma forma prática.

5 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo será apresentado o protótipo desenvolvido e detalhes sobre seu funcionamento. Também será apresentado os requisitos funcionais e não funcionais, bem como a aplicação em si e telas do simulador.

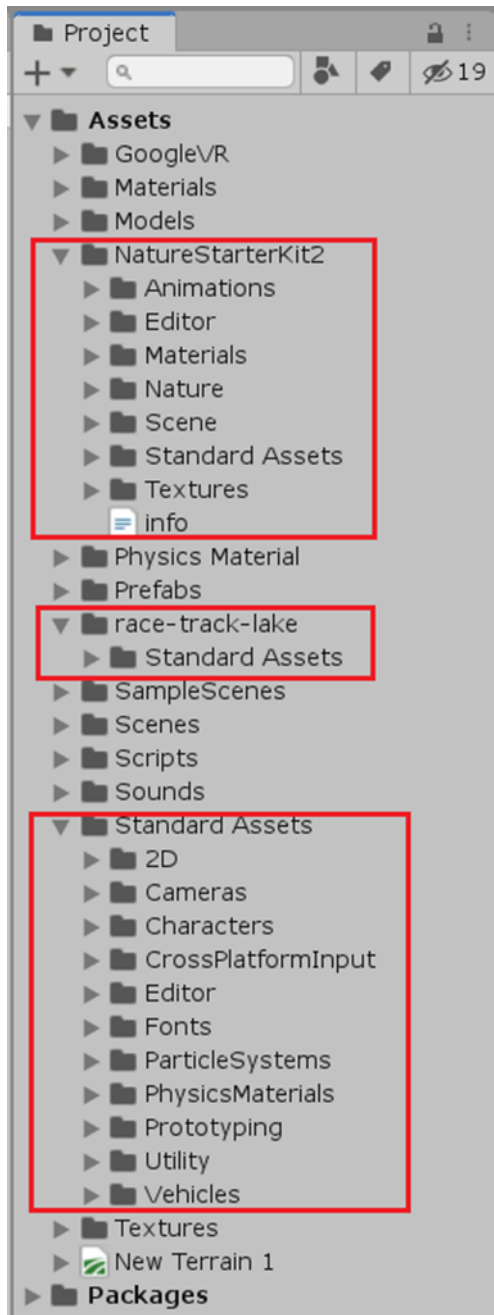
5.1 Software

O simulador foi desenvolvido utilizando as técnicas de Realidade Virtual voltado para dispositivos móveis, sendo um aplicativo que auxiliará no treinamento de pilotos da Competição Baja. Este aplicativo pode ser instalado no celular desde que tenha os requisitos mínimos de hardware e software que são necessários para o seu correto funcionamento.

Os requisitos mínimos de hardware para que ele funcione corretamente é um smartphone que possua tela entre 4,7 e 6 polegadas, bem como sensores de giroscópio e acelerômetro. Para o bom funcionamento da aplicação recomenda-se ter pelo menos 4GB de memória RAM interna, para que não haja lentidão ou travamentos. Os requisitos de software são sistema operacional Android, versão 5.0 *Lollipop* ou superior.

Para a parte gráfica do simulador foram utilizados diversos *Assets*, entre eles o *Standard Assets*, utilizado para a configuração das texturas. O *NatureStarterKit2* para textura de árvores, gramas e lama. por último, o *race-track-lake* para o cockpit. A Figura 27 mostra os *Assets* que foram importados para utilização neste projeto.

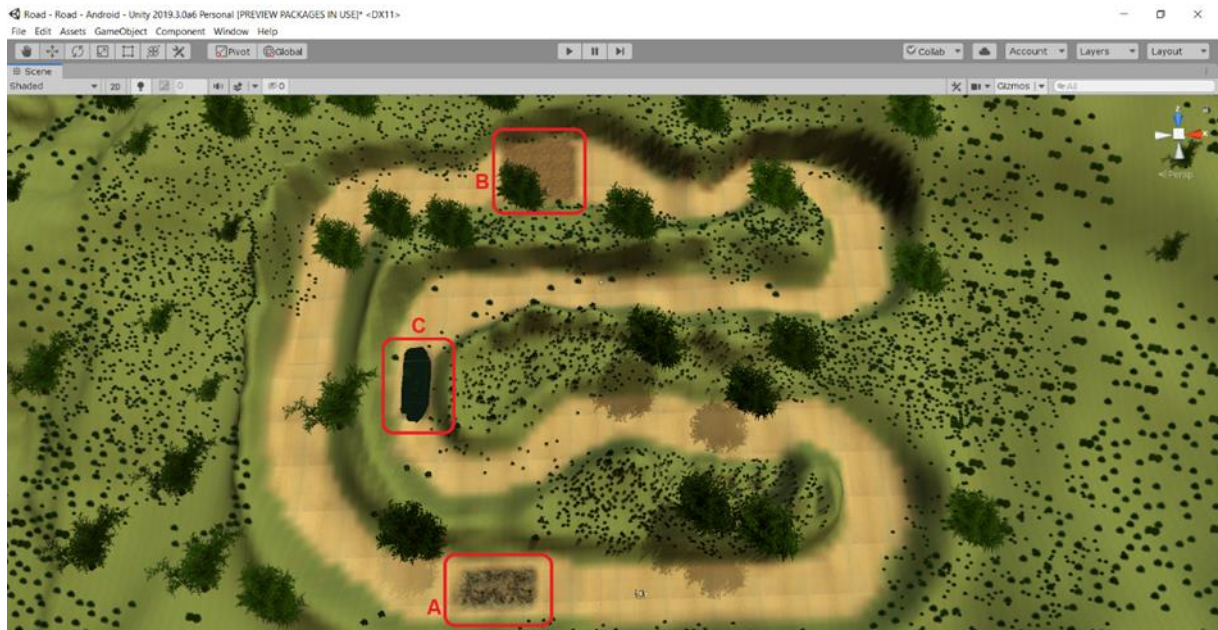
Figura 27 - Assets utilizados para o desenvolvimento do simulador



Fonte: Da autora (2019).

A partir dos Assets importados foi realizado o mapa da pista, conforme Figura 28. Nesta pista é possível identificar os três pontos acidentados que foram implementados, sendo eles a) buracos; b) pedras; c) lama.

Figura 28 - Mapa da pista

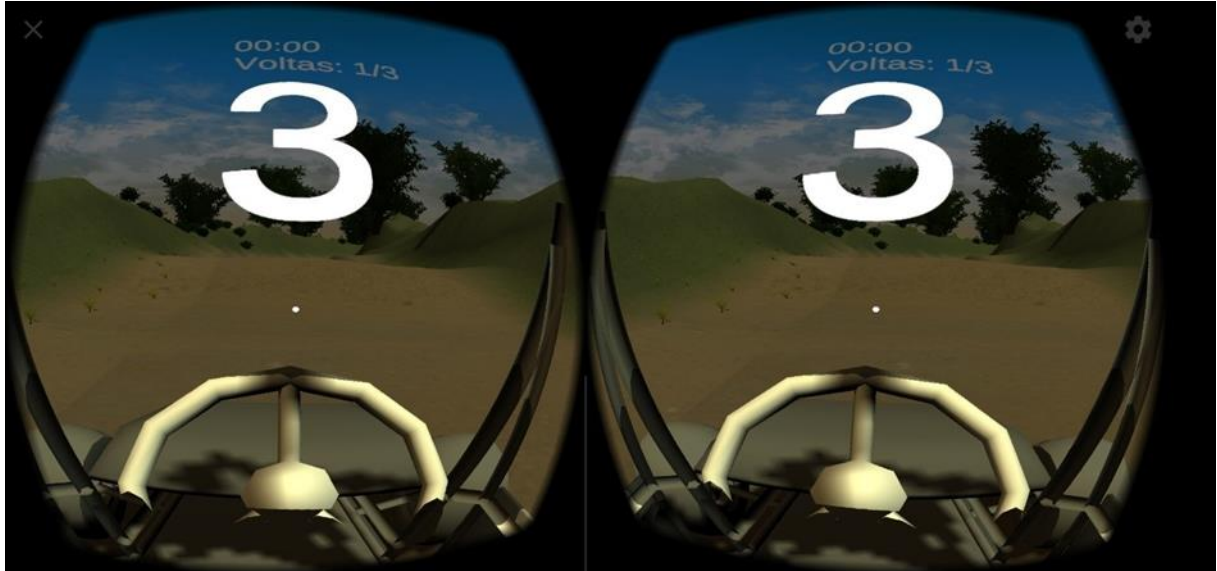


Fonte: Da autora (2019).

Ao iniciar a aplicação, a tela exibe o número de voltas, iniciando com o padrão “1/3”, e conforme o usuário completa a volta é possível verificar a quantidade total realizada. Também mostra dois cronômetros, um deles decrescente que começa no número 3 e quando apertado os botões “X” ou “A” do volante o mesmo diminui até chegar em 0 e ser possível acelerar e frear. O segundo é crescente, que mostra o tempo de duração do experimento. Para esta configuração foi utilizado uma UI, chamada Canvas, que faz com que estas informações apareçam a todo momento na tela.

A Figura 29 mostra o número de voltas e os cronômetros.

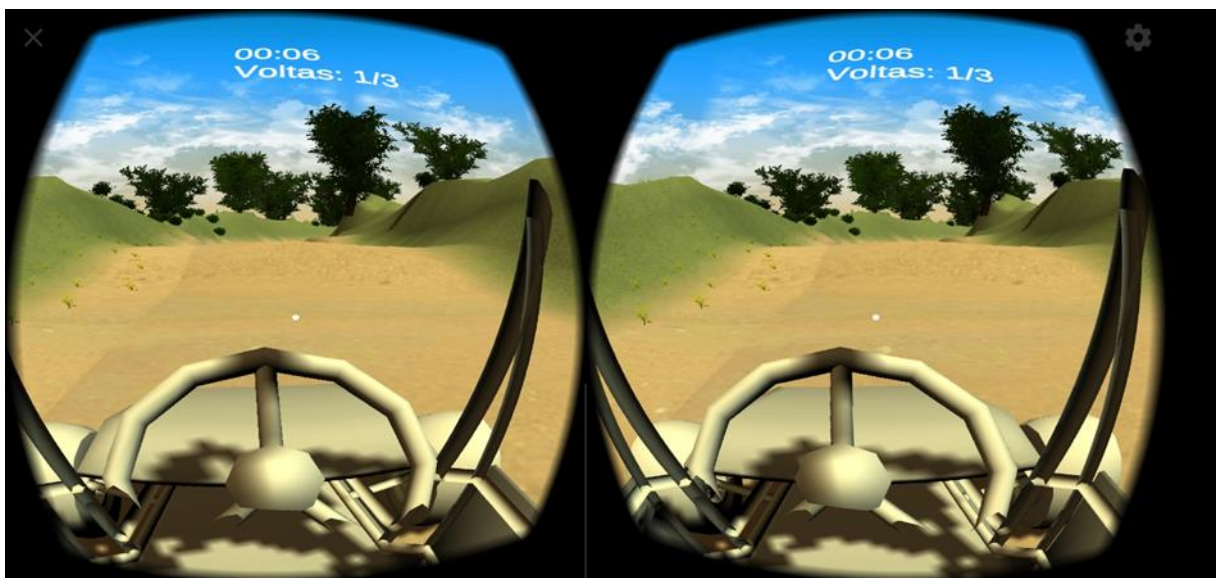
Figura 29 - Cronômetro decrescente em 3, cronômetro crescente em 00:00 e número de voltas em 1/3



Fonte: Da autora (2019).

Nesse momento, ao apertar os botões “A” ou “X” do volante, o cronômetro em 3 começa a diminuir até chegar em 0, o cronômetro crescente começa a contar e então a tela fica mais clara para ser possível acelerar. A Figura 30 ilustra o momento do início da simulação.

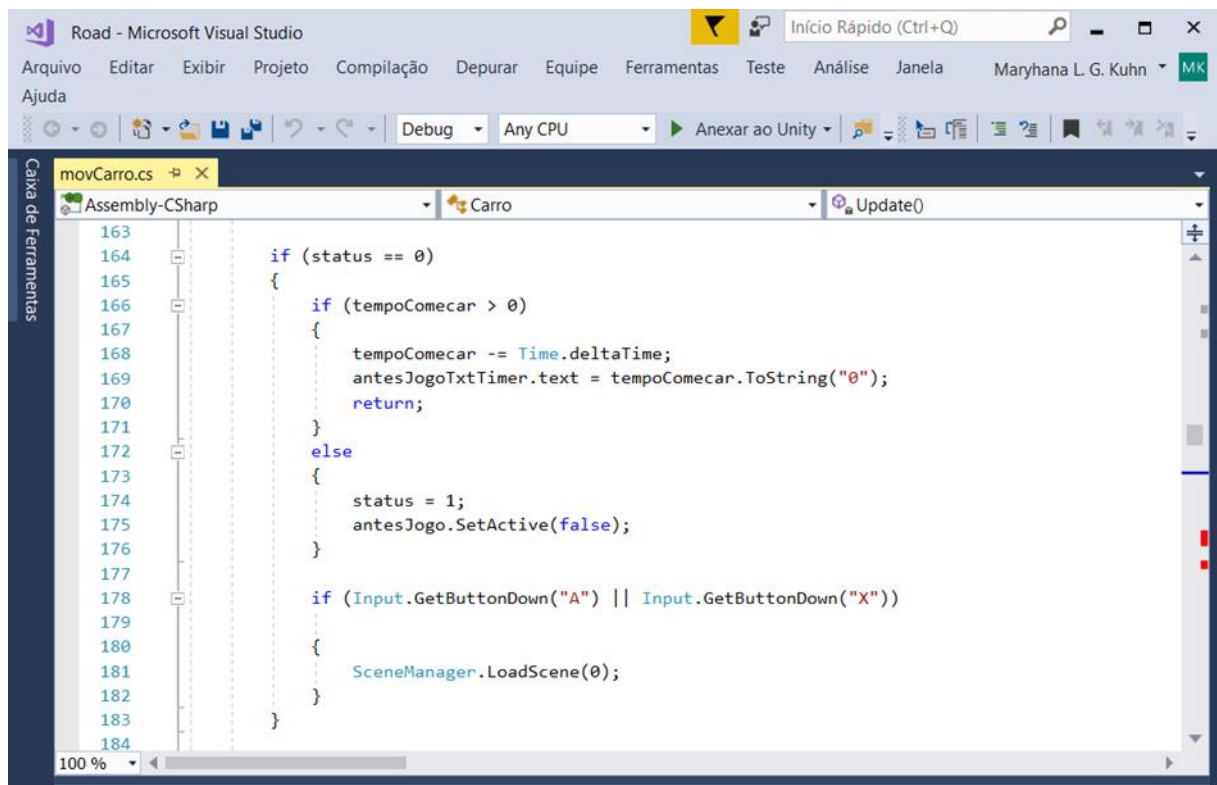
Figura 30 - Início da simulação



Fonte: Da autora (2019).

Para esta configuração foi necessário verificar o momento em que os botões denominados “A” ou “X” do volante são pressionados, para então carregar a cena com o componente utilizado no Canvas e começar o jogo. O código de verificação pode ser observado na Figura 31.

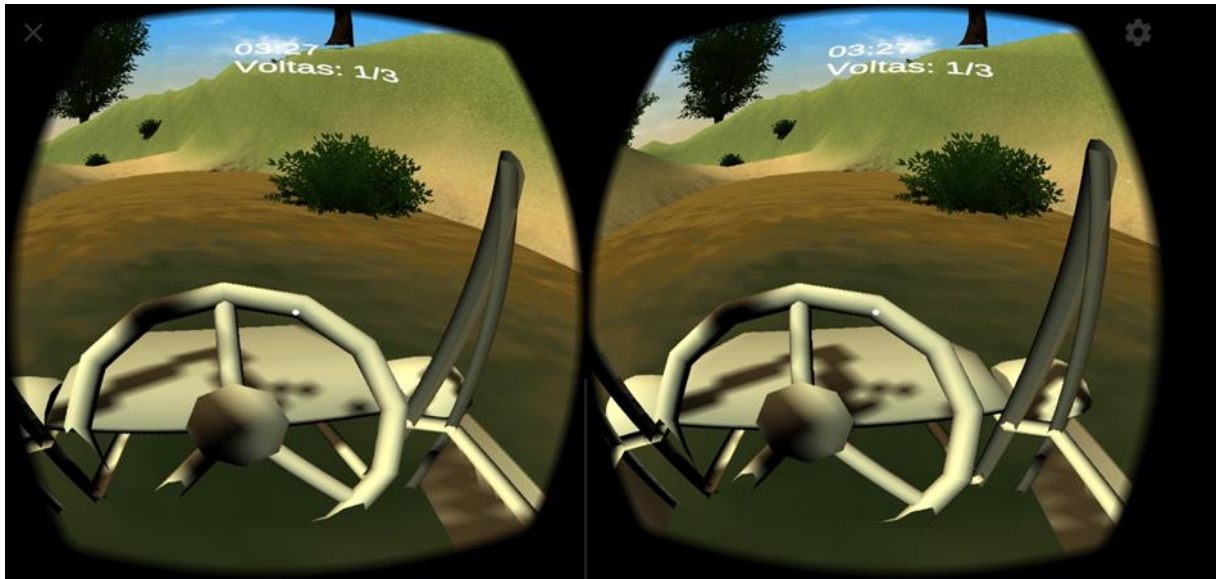
Figura 31 - Script do cronômetro decrescente



Fonte: Da autora (2019).

No meio do percurso é possível encontrar buracos, pedras e lama. Podemos ver a lama na Figura 32. Ela cobre o carro e torna mais difícil a aceleração em função da física presente no carro e na lama.

Figura 32 - Ponto acidentado da pista, lama



Fonte: Da autora (2019).

Na Figura 33 podemos ver como o usuário fica posicionado no momento do teste do simulador. Ele fica sentado em uma cadeira com uma mesa à sua frente, onde está o volante, e no chão, embaixo da mesa, os pedais de aceleração e freio. Em sua cabeça está instalado o VRBox com as alças ajustáveis e dentro do VRBox está acoplado o celular

Figura 33 - Usuário utilizando o óculos VRBox, volante e pedais



Fonte: Da autora (2019).

5.2 Levantamento de Requisitos

Nesta seção estão descritos os requisitos funcionais e os requisitos não funcionais da aplicação para que ela possa atender os objetivos propostos. A prioridade de cada um dos requisitos é classificada conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Prioridade dos requisitos

Prioridade	Descrição	Abreviatura
Obrigatório	Requisitos obrigatórios que o sistema deve atender	O
Importante	Requisitos que o sistema deve atender	I
Desejável	Requisitos que se for possível, o sistema poderá atender	D

Fonte: Da autora (2019).

5.2.1 Requisitos funcionais

No Quadro 2 estão listados os requisitos funcionais do simulador e ao lado da descrição a prioridade de desenvolvimento.

Quadro 2 - Requisitos funcionais

Nº	Descrição	Prioridade
001	Apresentar cronômetro em vídeo	I
002	Reproduzir sons	O
003	Apresentar o número de voltas realizadas	O
004	Simular aceleração	O
005	Simular frenagem	O
006	Controlar início e fim da simulação	O
007	Simular a ação de dirigir captando sinais de torção do volante	O

Fonte: Da autora (2019).

5.2.2 Requisitos não funcionais

O Quadro 3 apresenta os requisitos não funcionais do simulador e ao lado da descrição a prioridade do requisito.

Quadro 3 - Requisitos não funcionais

Nº	Descrição	Prioridade
001	Ter uma interface agradável e objetiva	O
002	Utilizar a ferramenta Unity	O
003	Utilizar linguagem de programação C#	O

Fonte: Da autora (2019).

Neste trabalho todos os requisitos citados foram atendidos, incluindo os funcionais e os não funcionais simulador.

6 ANÁLISES E RESULTADOS

Os testes foram executados em duas fases e em duas salas de aula na UNIVATES. A primeira fase foi com os alunos presentes na Feira de Cursos da UNIVATES 2019. Estes, se enquadram no perfil não técnicos, pelo fato de não terem conhecimento sobre a competição Baja.

A segunda fase foi com os alunos da disciplina Tópicos Especiais Baja do curso de Engenharia Mecânica. Eles foram classificados como usuários técnicos em função de conhecerem a competição Baja, e terem experiência neste tipo de assunto.

6.1 Testes com usuários não técnicos

Usuários não técnicos foram considerados os alunos do Ensino Médio presentes na UNIVATES no evento da Feira de Cursos 2019. Neste testes, setenta e sete (77) estudantes responderam à pesquisa. Inicialmente houve uma explicação geral sobre o que é o Projeto Baja e sobre o funcionamento do simulador. Após isso, um a um dos estudantes testaram a aplicação e responderam ao questionário observando a experiência com a tecnologia e sobre a aplicação criada para este estudo.

Os estudantes foram orientados a ajustar o foco no VRBox para se sentirem confortáveis com a visualização da aplicação. Também foram orientados sobre os botões que deveriam ser pressionados para que o jogo fosse iniciado, e para que então pudessem começar a acelerar. Após as orientações deram início ao teste.

O tempo de utilização da aplicação por usuário foi livre, para que pudessem realizar diversas voltas com calma, passar pelos pontos acidentados da pista e após responderem o questionário. Todos os estudantes tiveram facilidade em utilizar a aplicação, e se não passaram por todos os pontos acidentados foi por dificuldades com o tempo, já que existem muitas atrações na Feira de Cursos para sua apreciação. Porém, foi solicitado que caso quisessem, poderiam chegar até o ponto onde há lama, assim, já teriam andado mais da metade do percurso, passando também por dois pontos acidentados.

O questionário teve nove perguntas, conforme o Apêndice A, sendo as quatro primeiras de contextualização e caracterização do público, com idade, gênero, se possuíam experiência com jogos e se possuíam experiência com jogos de Realidade Virtual. Em seguida, cada estudante atribuía uma nota de 1 a 5 em relação a quatro perguntas relativas à a) qualidade gráfica dos objetos; b) ao tempo de resposta de torção do volante, acelerador e freio; c) quanto à experiência de imersão e d) quanto ao nível de conforto, para verificar se sentiu algum tipo de tontura, náusea ou sintoma ruim.

A última pergunta solicitada foi para que respondessem, em escala de 1 a 5, a classificação geral com a experiência do jogo.

6.1.1 Resultados

A primeira pergunta do questionário foi referente à idade dos estudantes, a maioria com 17 e 18 anos, totalizando, 49,4% e 26% respectivamente.

A segunda pergunta solicitava o gênero dos estudantes, a maioria do sexo masculino contemplando 87%, sendo 13% do sexo feminino.

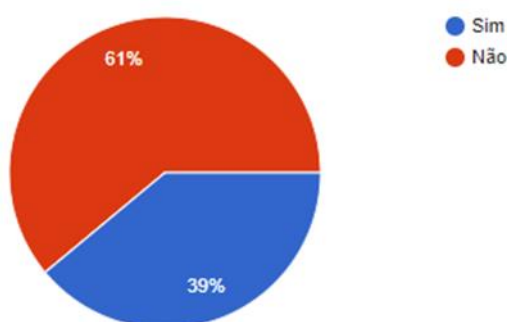
A terceira pergunta buscou verificar se os alunos possuíam experiência com jogos, tendo como resultado predominante 87% com experiência, e 13% que não possuíam.

A quarta pergunta era referente a experiência com Realidade Virtual. Conforme Gráfico 1, a maioria dos estudante (61%) nunca tinha tido alguma experiência com Realidade Virtual, mas 39% já tinham experiência.

Gráfico 1 - Experiência com jogos de Realidade Virtual

4 - Você possui experiência em jogos ou experimentos de Realidade Virtual?

77 respostas



Fonte: Da autora (2019).

Na classificação quanto à qualidade gráfica dos objetos 3D do simulador, 4 alunos deram nota um, o que corresponde à 5,2%, 8 alunos deram nota dois, ou seja, 10,4%, 40 estudantes deram nota três, equivalente à 51,9%, 22 alunos deram nota quatro, sendo 28,6% e 3 alunos deram nota cinco o que corresponde à 3,9%. Com essa nota é possível interpretar que o ambiente do jogo pode ser melhorado, tornando o ambiente mais realista.

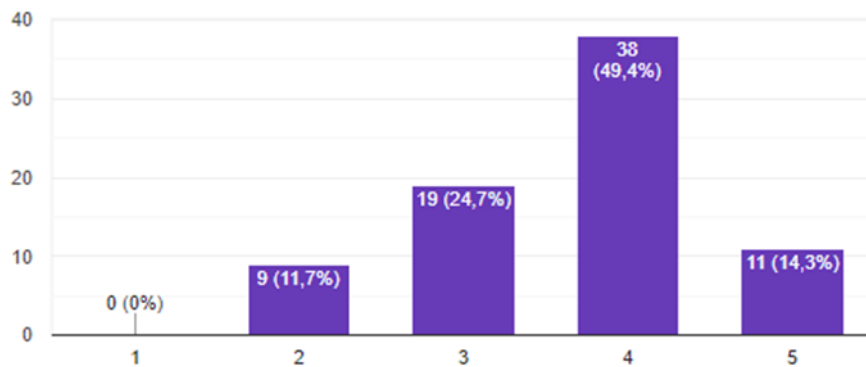
A pergunta seis foi em relação ao tempo de resposta dos movimentos, ou seja, de acordo com a torção do volante, acelerador e frenagem, sendo que nota “1” era um tempo de resposta ruim e “5” um tempo de resposta ótimo. Do total de setenta e sete estudantes, 1 aluno deu nota um, o correspondente à 1,3%, 10 alunos deram nota dois, ou seja, 13%, 36 alunos deram nota três, o que corresponde à 46,8%, 24 alunos deram nota quatro, ou seja, 31,2% e 6 alunos deram nota cinco, correspondendo à 7,8%. Neste quesito verifica-se que é possível melhorar o tempo de resposta principalmente do volante, que desde os primeiros testes apresentou um atraso em relação ao comando.

Referente à pergunta número sete, sobre o nível de imersão oferecido, sendo que nota “1” era pouco imersivo e nota “5” era muito imersivo. Conforme o Gráfico 2, 9 alunos deram nota dois, correspondente à 11,7%, 19 alunos deram nota três, ou seja, 24,7%, 38 alunos escolheram a nota quatro, que corresponde à 49,4%, e 11 alunos deram nota cinco, ou seja, 14,3%. Com este resultado pode-se perceber que o simulador apresentou uma imersão satisfatória.

Gráfico 2 - Classificação do nível de imersão

7 - Como você classifica a experiência de imersão oferecida pelo jogo? Desejo saber quanto dentro do jogo você se sentiu.

77 respostas



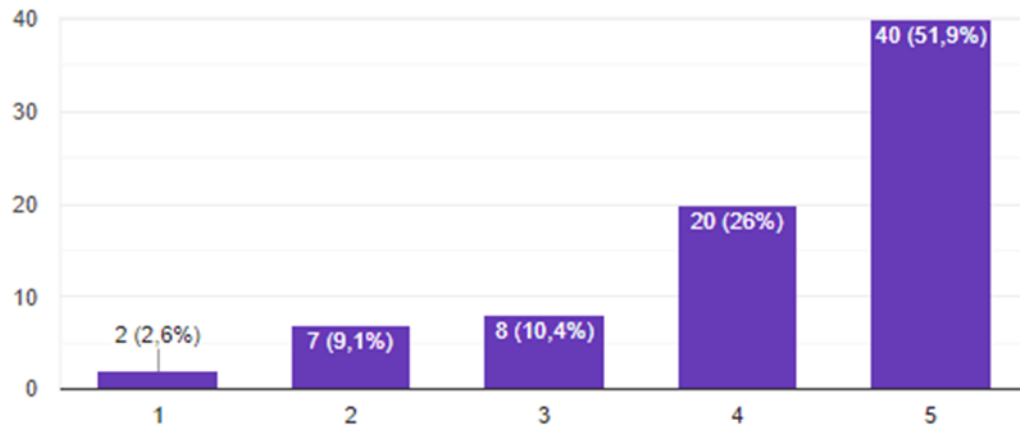
Fonte: Da autora (2019).

Já na pergunta de número 8 que classificava o nível de conforto, avaliando os óculos, para averiguar se tiveram alguma tontura, náusea, ou algum sintoma ruim, nota 1 correspondia que o estudante não se sentiu confortável e nota 5 que se sentiu muito confortável. Conforme Gráfico 3, 2 alunos deram nota um, ou seja, 2,6%, 7 alunos deram nota dois, correspondente à 9,1%, 8 alunos deram nota três, o que corresponde à 10,4%, 20 alunos deram nota quatro, ou seja, 26% e por fim, 40 estudantes deram nota cinco que corresponde à 51,9%. Portanto, verifica-se que mais da metade dos alunos se sentiu confortável com o uso dos óculos, não tendo tonturas ou náuseas.

Gráfico 3 - Nível de conforto durante o jogo

8 - Como você classifica o nível de conforto durante o jogo? Avalie o óculos, se sentiu algum tipo de tontura, náusea ou outro sintoma ruim

77 respostas



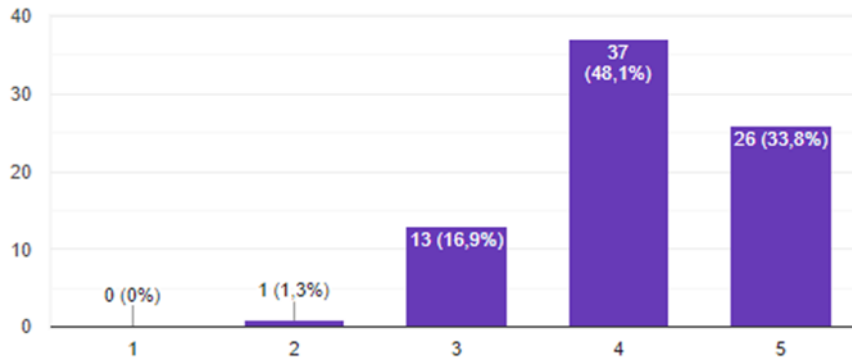
Fonte: Da autora (2019).

Na última pergunta foi solicitado que os alunos atribuíssem uma nota geral para a experiência oferecida pelo jogo, sendo nota “1” como uma experiência ruim e “5” uma experiência ótima. Conforme é possível visualizar no Gráfico 4, 1 aluno deu nota dois, sendo 1,3%, 12 alunos deram nota três, ou seja, 16,9%, 37 alunos deram nota quatro, o que corresponde à 48,1% e 26 alunos deram nota cinco, correspondente à 33,8%. Neste quesito considera-se que a experiência foi muito boa, pois somando os valores das notas “4” e “5”, que estão acima da média, totalizamos 81,9%.

Gráfico 4 - Nota geral sobre a experiência

9 - Atribua uma nota geral para a experiência oferecida pelo jogo

77 respostas



Fonte: Da autora (2019).

6.2 Testes com usuários técnicos

Como usuários técnicos foram considerados os alunos da disciplina Tópicos Especiais Baja, do curso de Engenharia Mecânica da UNIVATES. Neste teste, 16 estudantes responderam à pesquisa. Inicialmente houve uma explicação geral sobre o Projeto de Pesquisa e sobre o funcionamento do simulador. Após, um a um os estudantes testaram a aplicação e responderam a um questionário observando a experiência com a tecnologia e sobre a aplicação em si.

Os estudantes foram orientados a ajustar o foco no VRBox para se sentirem confortáveis com a visualização da aplicação. Também foram orientados sobre os botões que deveriam ser pressionados para que o jogo fosse iniciado, e para que então pudessem começar a acelerar. Após as orientações deram início ao teste.

O tempo de utilização da aplicação por usuário foi livre, puderam realizar diversas voltas com calma, passar pelos pontos acidentados da pista e após responder ao questionário. Todos os estudantes tiveram facilidade em utilizar a aplicação, completando de uma a duas voltas.

O questionário teve dez perguntas, conforme o Apêndice B, sendo as três primeiras de contextualização e caracterização do público, com a idade, o gênero e o curso. Em seguida, cada estudante atribuiu uma nota de 1 a 5 em relação às quatro perguntas relativas à a) qualidade gráfica dos objetos; b) ao tempo de resposta de torção do volante, acelerador e freio; c) quanto à experiência de imersão e d) quanto ao nível de conforto, para verificar se sentiu algum tipo de tontura, náusea ou sintoma ruim.

Em seguida, a pergunta era específica sobre o Baja, questionando se o aluno acreditava que este simulador poderia auxiliar no treinamento de pilotos para a competição Baja.

Por fim, solicitado que respondessem de 1 a 5 como classificam a experiência oferecida pelo jogo e se possuíam alguma crítica, sugestão ou elogio para o simulador

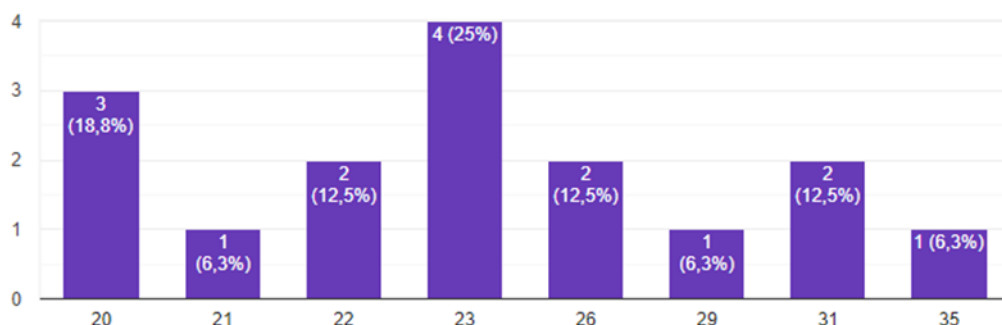
6.2.1 Resultados

A primeira pergunta do questionário foi referente à idade dos estudantes, tendo a predominância de 25% dos alunos com 23 anos, conforme ilustra o Gráfico 5.

Gráfico 5 - Idade dos estudantes

1 - Quantos anos você tem?

16 respostas



Fonte: Da autora (2019).

A segunda pergunta era referente ao gênero, sendo que 100% dos estudantes eram do sexo masculino.

A terceira pergunta se referia ao curso que os estudantes estão fazendo, sendo 93,8% estudantes da Engenharia Mecânica e 6,2% da Engenharia Elétrica.

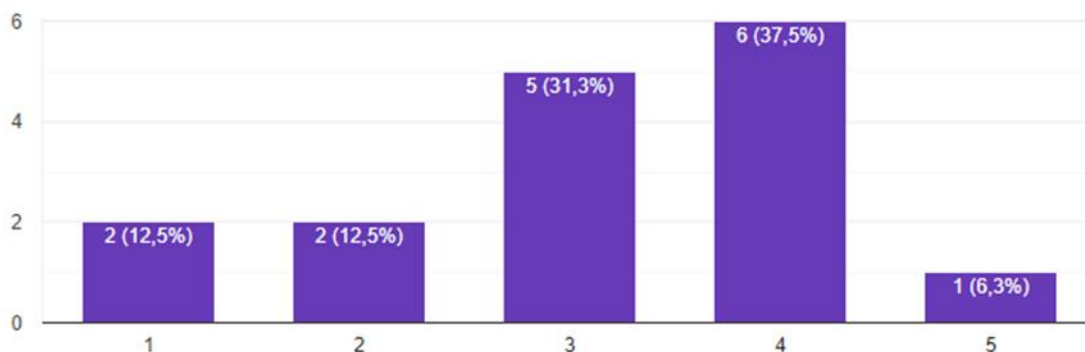
A quarta pergunta versava sobre o nível de realismo percebido durante o experimento. Tendo 6,3% de nota dois, 50% nota três, 31,3% nota quatro e 12,5% nota cinco. Com a resposta dos estudantes foi possível identificar que a qualidade gráfica pode ser melhorada, tornando assim, o simulador mais real.

A quinta pergunta se referia ao tempo de resposta do simulador. Conforme Gráfico 6, é possível identificar que 2 alunos, ou seja, 12,5% dos estudantes classificaram com nota um e 12,5%, ou seja, 2 estudantes classificaram com nota dois. Outros 5 estudantes, que corresponde, 31,3% classificaram com nota três, 6 estudantes, 37,5% classificaram com nota quatro e 1 estudante, o que corresponde a 6,3%, classificou com nota cinco. Nesta pergunta verificamos que os pedais e torção do volante não responderam conforme o esperado, sendo passível de melhoria, principalmente no volante.

Gráfico 6 - Pergunta referente ao tempo de resposta de acordo com os movimentos

5 - Como você classifica o tempo de resposta do simulador em relação aos seus movimentos? Ou seja, de acordo com seu comando de torção do volante, aceleração e freagem, o simulador respondeu satisfatoriamente?

16 respostas



Fonte: Da autora (2019).

A sexta pergunta era referente a experiência de imersão oferecida pelo simulador. Nesta pergunta, 4 alunos, ou seja, 25% responderam com nota três, 5 alunos, o que corresponde a 31,3%, com nota quatro e 7 estudantes 43,8%,

responderam nota cinco. Neste quesito verificamos que o simulador foi imersivo de forma satisfatória.

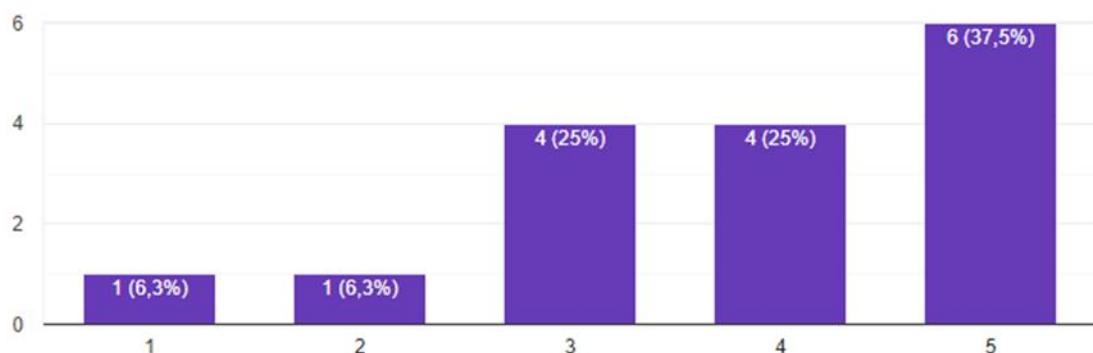
Já na pergunta de número sete, que classificava o nível de conforto, avaliando os óculos e solicitava se o estudando sentiu alguma tontura, náusea, ou algum sintoma ruim, nota 1 correspondia que o estudante não se sentiu confortável e nota 5 que se sentiu muito confortável. Para esta questão 2 alunos deram nota dois, ou seja, 12,5%, 1 aluno deu nota três, correspondente à 6,3%, 6 alunos deram nota quatro, somando 37,5% e por fim, 7 estudantes deram nota cinco o que representa 43,8%. Portanto, verificamos que mais da metade dos alunos se sentiu confortável com o uso dos óculos, não sofrendo com tonturas ou náuseas.

A pergunta de número oito, sendo específica para o público técnico, foi referente se este simulador auxiliaria no treinamento de pilotos para a competição Baja. Conforme verificamos o Gráfico 7, 1 aluno, correspondente à 6,3% respondeu nota um, 1 aluno, ou seja, 6,3% respondeu nota dois, 4 alunos, representando 25% responderam nota três, 4 alunos, ou seja, 25% responderam nota quatro e por fim, 6 alunos, 37,5%, responderam nota cinco.

Gráfico 7 - Resposta dos estudantes referente pergunta específica ao público técnico

8 - Você acredita que este simulador auxiliaria no treinamento de pilotos para a competição do Baja?

16 respostas



Fonte: Da autora (2019).

Dessa forma avaliamos que o simulador auxiliaria no treinamento de pilotos para a competição.

A nona pergunta solicitava que os estudantes atribuíssem uma nota geral para o experimento. Dos 16 estudantes, 1 deles, ou seja, 6,3% apontou nota três, 12 alunos, correspondente à 75% responderam nota quatro e 3 alunos, 18,8%, deram nota cinco.

A última questão se refere a opinião do estudante quanto à aplicação testada, podendo ser um comentário, crítica ou sugestão. Os estudantes de modo geral concluíram que a ideia de utilizar este simulador para o treinamento dos pilotos para a Competição Baja é válida e auxiliaria em uma melhor performance.

A partir da resposta dos estudantes, pode-se concluir que a aplicação foi satisfatória, com algumas ressalvas apresentadas, como por exemplo o tempo de resposta de volantes e a qualidade gráfica, conforme mostra o Quadro 4.

Quadro 4 - Comentários feitos pelo público técnico

COMENTÁRIOS DOS ESTUDANTES	
A parte onde o baja passa pelo barro poderia ser mais real, com barro respingando no piloto.	
O simulador é bom, é possível ter uma ideia do percurso real, faltam alguns ajustes quanto a resposta dos controles em geral, mas é uma boa ideia.	
Experiência boa, mas precisa melhorar o tempo de resposta.	
melhorar o tempo de resposta dos comandos	
bom	
Um pouco singelo, mas atende as expectativas	
Parabéns	

Fonte: Da autora (2019).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área da Realidade Virtual está em constante crescimento, proporcionando uma infinidade de possibilidades para os interessados. A RV tem sido vista como uma tecnologia promissora, mesmo que ainda complexa quando se refere às suas principais características de imersão, interação e feedback, visto a capacidade do software estabelecer e o hardware possibilitar seis tipos de movimentação. Estes seis graus de movimentação são chamados de graus de liberdade, fazendo com que a imagem seja 3D e tenha a possibilidade de visualizar em 360°.

Diante disso, já temos tecnologias que conseguem acompanhar este crescimento, a exemplo da utilizada neste trabalho. A utilização da Unity 3D foi facilmente entendida pela grande quantidade de exemplos e tutoriais encontrados na internet e disponibilizados em seu próprio site. Com a Unity 3D foi realizada a criação e manutenção da cena do simulador e a configuração das propriedades dos objetos utilizados.

A simulação é a reprodução de um ambiente real e seu principal objetivo é reproduzir o comportamento do assunto que se propõe a simular, estimando os efeitos de alguma mudança. É considerada uma das ferramentas mais poderosas para tomadores de decisão, pois através dela é possível encontrar resultados e possibilidades de respostas a um processo, minimizando riscos e descobrindo as decisões corretas, bem como as erradas.

O simulador em Realidade Virtual voltado para a modalidade Baja, desenvolvido neste trabalho, teve o propósito de auxiliar no treinamento dos pilotos

antes deles competirem em um ambiente real. Para o seu desenvolvimento foram realizados estudos apresentados no referencial teórico, bem como um estudo aprofundado dos principais conceitos que envolvem modelos 3D, como por exemplo o nível de imersão e realismo. Após a implementação do simulador, foi possível testá-lo a fim de analisar os resultados obtidos.

Os testes foram realizados com noventa e três usuários, caracterizados como usuários técnicos e usuários não técnicos. Após a utilização do simulador pelos dois públicos foi solicitado que respondessem um questionário referente o experimento. Cada público respondeu um questionário diferente, sendo um questionário mais genérico para o público não técnico e um questionário mais específico para o público técnico.

Os resultados obtidos a partir destes questionários mostraram que o nível de imersão e conforto ao usar os óculos foram satisfatórios. Já para o nível de realismo oferecido pelo experimento poderia ser usado um ambiente gráfico mais realista, sendo assim, obtendo resultados melhores. Referente ao questionamento para o público técnico, se este simulador auxiliaria no treinamento de pilotos para a competição Baja, os resultados foram favoráveis, concluindo que o uso deste simulador de Realidade Virtual pode auxiliar no treinamento dos pilotos para se prepararem para a competição.

Durante o desenvolvimento deste trabalho foram encontradas algumas dificuldades, como por exemplo, o tamanho do *.apk* instalado no celular. Para isso, foi necessário reavaliá-lo, excluindo texturas ou animações dos *Assets* que não eram usados e diminuindo o tamanho do terreno utilizado para a implementação.

Como continuidade deste trabalho é possível a implementação de algumas melhorias. Entre elas um ambiente gráfico mais realista e a utilização do cockpit do Baja integrando componentes e dispositivos no volante, freio e acelerador que respondam na aplicação quando há torção do volante, aceleração e frenagem, ou seja, uma integração entre os pedais e volantes do cockpit com o simulador. Além disso, a integração da física do carro do simulador nos amortecedores do cockpit do Baja, fazendo com que ao bater, saltar por uma montanha ou passar pelas pedras, o cockpit se movimente e tenha no mundo real o mesmo impacto do mundo virtual.

De modo geral, os objetivos elencados para este trabalho foram alcançados e foi possível obter contato mais intenso com a área, aprofundando conhecimentos que anteriormente a ele eram superficiais.

REFERÊNCIAS

ANDROID PIT. **Cabo OTG dicas e truques**. Disponível em: <<https://www.androidpit.com.br/cabo-otg-dicas-e-truques>> Acesso em: 09 nov. 2019.

BAJA Society of Automobile Engineers. **SAE International**. Disponível em <<https://www.bajasae.net>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

BARBOSA, Roberto S.; KASSAB, Fuad.; NISHIMOTO Kazuo.; PADOVENESE, Linilson R.; MARQUES, Ricardo P.; TANIGUCHI, Denis. **Sistemas de Realidade Virtual para Simulação de Equipamentos de Movimentação e Treinamento de Operadores**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2016.

BATEMAN, R. E.; BOWDEN, R. O.; GOGG, T. J.; HARREL, C. R.; MOTT, J. R. A.; MONTEVECHI, J. A. B. **Sistemas de simulação: aprimorando processos de logística, serviços e manufatura**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER, Edgar; KIRNER, Claudio; KELNER, Judith. **Tecnologias e Ferramentas para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada**. Universidade Federal de Uberlândia, 2007.

CHEMIN, Beatris F. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Univates, 2015. E-book. Disponível em: <https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/110/pdf_110.pdf>. Acesso em: 06 maio. 2019.

DIEHL, Astor Antonio; TATIM, Denise Carvalho. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

FADEP. **Influências do Projeto BAJA SAE no Ensino da Engenharia e no Desenvolvimento do Aluno**. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116852_1.pdf>. Acesso em: 10 mai. 2019.

GERHARDT, Tatiana E.; SILVEIRA, Denise T. **Métodos de Pesquisa**. Rio Grande do Sul: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARÃES, Marcelo de Paiva; NUNES, Eunice Pereira dos Santos; RIEDER, Rafael; HOUNSELL, Marcelo da Silva. **Realidade Virtual, Realidade Aumentada**. Porto Alegre: SBC. 2015.

JACOBSON, L. **Realidade Virtual em Casa**. Rio de Janeiro, Berkeley, 1994.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO Robson. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projetos e Aplicações**. Rio de Janeiro. SBC, 2007.

LIMA, Carlos M.; GUERRA, Ângelo, R. O.; ALVES, Clodomiro. **Perspectiva de Aplicação da Tecnologia de Realidade Virtual no Ensino da Engenharia**. In: XXVII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE, Natal, 1999.

MACHADO, Liliane dos Santos; MORAES, Ronei Marcos. **Realidade Virtual Aplicada à Medicina**. Conference Paper - January 2006.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Athas, 2003.

MONTEIRO, João H. F.; MONTANHA, Gustavo K. **Desenvolvimento de aplicação em Realidade Virtual**. Tekhne e Logos, Botucatu, SP, v.10, n.2, set., 2019.

NETTO, Antonio V.; MACHADO, Liliane; OLIVEIRA, Maria. **Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações**. Universidade de São Paulo, 2002.

PINTO, Luis T. G.; BENTO, Matheus A.; MARINO, Kennedy V.; ARRUDA, Igor S.; PILAN, José R.; ALMEIDA, Osvaldo C. P. **Desenvolvimento de um simulador de voo agrícola de pulverização usando Realidade Virtual**. Botucatu, 2018.

PORTUGAL, Licínio da Silva; **Simulação de tráfego - Conceitos e Técnicas de Modelagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

PRODANOV, Cleber; FREITAS, Ernani C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Rio Grande do Sul: Universidade Feevale, 2013.

RIBEIRO, Marcos W. S.; ZORZAL, Ezequiel R. **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. Uberlândia: SBC, 2011.

RIVA G.; **Virtual reality in psychotherapy: review**. Cyberpsychol Behav. 2005.

RODRIGUES, Gessica P; PORTO, Cristiane M. **Realidade Virtual: Conceitos, Evolução, Dispositivos e Aplicações**. Aracaju: Interfaces Científicas, 2013.

SAE. **Society of Automobile Engineers**. Disponível em: <<https://www.sae.org>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

SCHWEBER, Von L.; SCHWEBER, Von E. **Cover story: realidade virtual**. PC Magazine Brasil, pg.50-73, v.5, n.6, 1995.

SHANNON, E. Robert. **Introduction to the art and Science of simulation**. Texas, 1998.

SOCIETY OF AUTOMOBILE ENGINEERS BRASIL. **Portal SAE Brasil**. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

TECH INFORMÁTICA. **Óculos 3d Vr Box Gear Oculus Smartphone Android ios Moto T82**. Disponível em: <<http://www.techinformaticapel.com.br/oculos-3d-vr-box-gear-oculus-smartphone-android-ios-moto-t82-vr-p83646>> Acesso em: 02 jun. 2019.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: SBC, 2006.

UNIVATES, Universidade do Vale do Taquari. **Projeto Baja**. Disponível em: <<https://www.univates.br/graduacao/engenharia-mecanica/projeto-baja>>. Acesso em: 10 mai. 2019.

UNITY 2017: a engine de criação de jogos líder mundial. **UNITY**. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

UNITY para VR e AR. **UNITY**. Disponível em: <<https://unity3d.com/pt/unity/features/multiplatform/vr-ar>>. Acesso em: 02 jun. 2019.

VALENTINO, Kelvin; CHRISTIAN, Kevin; JOELIANTO, Endra. **Virtual reality flight simulator**. Internetworking Indonesia Journal, v. 9, n. 1, p. 21-25, 2017.

VISUAL STUDIO. **Visão geral do IDE do Visual Studio**. Disponível em: <<https://visualstudio.microsoft.com/pt-br>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

VREXTREME. **TAG: realidade virtual**. Disponível em: <<https://www.vrextreme.com.br/tag/realidade-virtual>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

YUEM, K. K., CHOI, S. H., & YANG, X. B. **A full-immersive CAVE-based VR simulation system of forklift truck operations for safety training**. Computer-Aided Design and Applications, 7(2), 235-245., 2010.

ZYDA M. **From visual simulation to virtual reality to games**. Computer. 2005;38(9):25-32.

APÊNDICE A - Questionário aos estudantes não técnicos

Pergunta 1: Quantos anos você tem?

Resposta aberta: _____

Pergunta 2: Qual seu gênero?

☐ Feminino

☐ Masculino

☐ Outro

Pergunta 3: Você possui experiência com jogos?

☐ Sim

☐ Não

Pergunta 4: Você possui experiência em jogos ou experimentos de Realidade Virtual?

☐ Sim

☐ Não

Pergunta 5: Como você classifica o nível realismo percebido durante o experimento? Desejo saber como você avalia o cockpit, a paisagem, o som, ou seja, todo o cenário.

Pouco real ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito real

Pergunta 6: Como você classifica o tempo de resposta do jogo em relação aos seus movimentos? Ou seja, de acordo com seu comando de torção do volante e aceleração, o jogo respondeu satisfatoriamente?

Tempo de resposta ruim () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Tempo de resposta ótimo

Pergunta 7: Como você classifica a experiência de imersão oferecida pelo jogo? Desejo saber quanto dentro do jogo você se sentiu.

Pouco imersiva () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Muito imersiva

Pergunta 8: Como você classifica o nível de conforto durante o jogo? Avalie o óculos, se sentiu algum tipo de tontura, náusea ou outro sintoma ruim.

Não me senti confortável () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Me senti confortável

Pergunta 9: Atribua uma nota geral para a experiência oferecida pelo jogo.

Ruim () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Ótimo

APÊNDICE B – Questionário aos estudantes técnicos

Pergunta 1: Quantos anos você tem?

Resposta aberta: _____

Pergunta 2: Qual seu gênero?

☐ Feminino

☐ Masculino

☐ Outro

Pergunta 3: Qual é o seu curso?

☐ Engenharia Civil

☐ Engenharia Elétrica

☐ Engenharia Mecânica

☐ Engenharia de Controle e Automação

☐ Outro

Pergunta 4: Como você classifica o nível realismo percebido durante o experimento? Desejo saber como você avalia o cockpit, a paisagem, o som, ou seja, todo o cenário.

Pouco real ☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 Muito real

Pergunta 5: Como você classifica o tempo de resposta do jogo em relação aos seus movimentos? Ou seja, de acordo com seu comando de torção do volante e aceleração, o jogo respondeu satisfatoriamente?

Tempo de resposta ruim () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Tempo de resposta ótimo

Pergunta 6: Como você classifica a experiência de imersão oferecida pelo jogo? Desejo saber quanto dentro do jogo você se sentiu.

Pouco imersiva () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Muito imersiva

Pergunta 7: Como você classifica o nível de conforto durante o jogo? Avalie o óculos, se sentiu algum tipo de tontura, náusea ou outro sintoma ruim.

Não me senti confortável () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Me senti confortável

Pergunta 8: Você acredita que este simulador auxiliaria no treinamento de pilotos para a competição do Baja?

Não auxiliaria () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Auxiliaria

Pergunta 9: Atribua uma nota geral para a experiência oferecida pelo jogo.

Ruim () 1 () 2 () 3 () 4 () 5 Ótimo

Pergunta 10: Elogios, críticas e sugestões.

Resposta aberta: _____



UNIVATES

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09